HABITAT DU QUEYRAS ET ENERGIE

Recommandations pour l'amélioration énergétique des bâtiments

Parc naturel régional du Queyras

Guide à destination des maîtres d'ouvrages et des professionnels du bâtiment

REALISATION
Parc naturel régional du Queyras

REDACTION
Marie-Laure VERGAIN, AERE
Anne RIALHE, AERE

CONCEPTION GRAPHIQUE
Liane THIERRY, AERE

PHOTOS / ILLUSTRATIONS
AERE sauf mention contraire
Couverture : Les Escoyères (croquis Marie-Laure Vergain), ciel (Robin Thierry), texture bois (Zingana Holz, Philipp Zinger, wikimedia Commons)

PREFACE

Le patrimoine bâti est une des richesses de notre territoire. L'organisation de nos villages, l'architecture de nos bâtiments anciens sont les témoins d'une vie passée dont nous ne voulons pas perdre le sens.

Cependant de nouveaux enjeux se présentent à nous aujourd'hui. La lutte contre les changements climatiques, la préservation des ressources fossiles, ainsi que le coût croissant de nos consommations d'énergie, rendent incontournable la réflexion sur la qualité thermique des bâtiments. La réduction des consommations d'énergie de nos habitats devient une nécessité impérieuse sous peine de ne plus pouvoir simplement en assumer la charge.

Le Parc s'est fixé un objectif d'autosuffisance énergétique en 2050. Cela commence dès aujourd'hui par une réduction de nos gaspillages quotidiens d'énergie avec un changement de certaines de nos habitudes et une plus grande efficacité dans les usages de l'énergie. Vient ensuite le développement de l'utilisation de sources d'énergie locales et renouvelables comme le soleil et le bois.

Le défi est donc complexe : requalifier nos bâtiments pour les amener à des niveaux de performance d'autant plus ambitieux que le climat est rigoureux dans le Queyras.

Nous avons cherché à distinguer les différents types de bâti et à fournir une palette de recommandations pour intervenir efficacement. Les constructions sont toutes différentes et une réflexion spécifique pour chaque projet de rénovation est indispensable tenant compte notamment de l'usage du bâtiment. L'uniformisation du patrimoine bâti nous mènerait dans une impasse et vers l'appauvrissement de notre territoire sous prétexte de le rendre plus performant.

Ce guide a l'ambition d'accompagner le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre ou l'artisan dans sa recherche de solution pour l'amélioration énergétique d'un bâtiment. Il constitue une première étape dans l'engagement de ce grand chantier et devra être suivi d'actions. La formation des professionnels notamment, est indispensable pour atteindre ces objectifs ambitieux, le Parc y travaille également.

Yves Goïc
Président du Parc naturel régional du Queyras

SOMMAIRE

Réussir une rénovation économe en énergie **4**

Enjeux énergétiques et patrimoniaux 4

Potentiel d'amélioration bioclimatique des bâtiments existants 8

Stratégie 12

Eléments de conception bioclimatique 18

Améliorer les performances thermiques des parois **20**

Parois vitrées 20

Isolation 25

Traiter les autres points clés du bâtiment **29**

Etanchéité à l'air 29

Renouvellement d'air 30

Gestion de l'hygroscopie 31

Inertie et confort d'été 33

Produire et consommer mieux **34**

Choix du type de chauffage 34

Energie solaire 35

Energie bois 40

Petites interventions 42

Le bois dans la rénovation 43

Glossaire **44**

Références bibliographiques **47**

Malgré tout le soin apporté à l'élaboration des conseils contenus dans ce guide, les concepteurs et réalisateurs ne pourront être tenus pour responsables d'éventuels problèmes découlant de leur mise en œuvre.

ENJEUX ENERGETIQUES ET PATRIMONIAUX

Des objectifs au niveau

- **international**, avec le Protocole de Kyoto (engagement de la France à diviser ses émissions de gaz à effet de serre par 4 d'ici 2050 : Facteur 4),
- **européen**, avec les différentes directives et orientations données (par exemple le "Paquet Climat" et sa déclinaison des 3 x 20 en 2020, soit 20 % d'économie d'énergie, 20 % d'énergies renouvelables et 20 % de gaz à effet de serre en moins),
- **national**, avec les lois issues du Grenelle de l'environnement (par exemple diminution de 38 % de la consommation d'énergie du parc de bâtiments à l'horizon 2020),
- **régional** (Schéma Régional Climat Air Energie, politique énergie climat),
- **départemental** (plan climat énergie territorial),
- **local**, le PNR du Queyras a par exemple inscrit dans les objectifs de sa charte l'objectif d'atteindre l'autosuffisance énergétique en 2050, notamment par le biais de la maîtrise des consommations d'énergie, grâce à la mise en œuvre d'un Plan Climat.

La question de l'énergie

La connaissance scientifique du changement climatique, et de ses conséquences, ne fait plus aujourd'hui débat. En parallèle les ressources d'énergie fossiles s'épuisent. Les politiques publiques intègrent progressivement la dimension environnementale et ses multiples conséquences sur nos comportements et nos consommations énergétiques. Elles fixent des objectifs globaux, qui doivent être déclinés à différents niveaux (*encadré ci-contre*).

En 2009, les bâtiments ont consommé 44% de l'énergie en France, dont 27% pour le résidentiel, et ont émis le cinquième des émissions de gaz à effet de serre en France.

Le cadre réglementaire de rénovation des bâtiments ne permet actuellement pas d'atteindre les objectifs énergétiques que la France s'est fixée, alors que la règlementation thermique pour la construction neuve évolue rapidement (norme RT 2012 bâtiment basse consommation généralisée dès 2013, et norme bâtiment énergie positive prévue d'ici à 2020). Or le renouvellement du parc bâti est très faible (1% par an) : **c'est pourquoi la rénovation énergétique des bâtiments est un enjeu essentiel.**

Au delà de la lutte contre l'augmentation de l'effet de serre et de la préservation des ressources naturelles, l'amélioration thermique des bâtiments répond à plusieurs problématiques :

- améliorer le confort de vie,
- diminuer la facture énergétique et les risques de précarité énergétique,
- améliorer la valeur du bien rénové,
- préserver et requalifier le patrimoine rural du Queyras.

Il n'existe pas de réponse unique à la rénovation énergétique d'un bâtiment existant, mais un compromis entre les réponses aux questions suivantes :

- le contexte de l'intervention : à quelle fin ? Pour quel usage ? Quelle est l'importance patrimoniale du bâtiment ?
- l'objectif de performance énergétique : bâtiment basse consommation ? En deça (trop de contraintes esthétiques et constructives) ou au delà (possibilité patrimoniale et technique pour rénover au niveau passif) ?
- les moyens financiers et techniques : rénovation globale ou rénovation élément par élément ? Quelle planification de la rénovation peut-on mettre en place ?

Requalifier l'habitat

La conservation du patrimoine, la nécessité d'améliorer la qualité énergétique des bâtiments et de valoriser les énergies renouvelables, de requalifier l'habitat et ainsi d'augmenter l'attractivité du territoire sont des enjeux fixés dans la charte du Parc naturel régional du Queyras (articles 12 et 14).

Les bâtiments ruraux traditionnels constituent une caractéristique identitaire forte du Queyras. Ils concernent 27% des logements du Parc naturel régional du Queyras. Or une partie de ces édifices change d'usage, de l'activité agricole vers le logement, ce qui impacte fortement l'architecture.

Ces travaux doivent donc intégrer un **projet global**, qui traite tant les points de vue de l'insertion paysagère et architecturale, que les choix techniques et énergétiques.

Ce guide propose des solutions techniques pour deux attitudes architecturales différentes : **adopter un langage contemporain ou maintenir l'aspect visuel initial.**

À leur côté, **les nombreuses constructions touristiques** des années 70 et 80 ont marqué la silhouette des villages. Les logements construits entre 1945 et 1980, soient 60% des logements du Queyras, sont en majeure partie des appartements, et possèdent un fort potentiel d'amélioration énergétique.

Par ailleurs, 71% des logements du Queyras sont des **résidences secondaires**, dont l'occupation est intermittente, ce qui implique une stratégie énergétique spécifique.

Une rénovation énergétique de haute performance induit un changement plus ou moins majeur de l'aspect visuel (remplacement des ouvertures, isolation de toiture …).
En intervenant sur les parties visibles des bâtiments, les démarches de rénovation énergétique peuvent donner lieu à une **amélioration paysagère** du patrimoine.

Les degrés d'action sur le patrimoine bâti

Toutes les interventions sur le bâti n'ont pas les mêmes conséquences, à savoir :

- **Entretien** : réparation, maintenance, maintien en état. L'existant est préservé.
- **Restauration** : cette intervention consiste à utiliser les techniques et matériaux de la construction initiale, parfois avec remplacement de certains éléments. Elle est effectuée dans l'esprit de préserver la lisibilité des interventions historiques successives, en veillant à ne pas altérer l'ordonnance ou le décor des édifices, à ce que les nouvelles

***Pierre-Grosse**, bâti traditionnel du Queyras - source AERE*

***Gaudissard**, chalets des années 70 - source AERE*

Pourquoi ce guide ?

Ce livret, à **vocation technique**, vous aide à construire un **projet d'amélioration énergétique**, dans l'esprit de l'approche négaWatt : sobriété des comportements, efficacité des systèmes, augmentation du recours aux énergies renouvelables.

Le panel de solutions proposées s'articule avec le guide *Solaire et habitat, l'intégration des équipements dans les Hautes-Alpes* (cf. bibliographie)

interventions soient réversibles, et à la distinction des ajouts des parties originales.

- **Rénovation** : remise à neuf, modernisation. Elle transforme le bâti existant par l'utilisation de matériaux neufs et modernes, en remplacement de parties endommagées ou détruites.
- **Réhabilitation** : travaux d'adaptation et transformation d'un édifice pour répondre à un changement d'usage : par exemple, transformation d'espace agricole, de cave ou de combles en espace habitable.
- **Reconstruction** : cette intervention fait suite à une destruction partielle ou totale du bâtiment initial, pour cause naturelle ou humaine (guerre, travaux d'infrastructure…). Elle se traduit alors soit par une "reconstruction à l'identique" de la forme et de l'allure, soit par une architecture nouvelle contemporaine d'une valeur équivalente au bien détruit.

L'amélioration énergétique concerne la rénovation et la réhabilitation.

Question énergétique : atouts et contraintes du Queyras

Les logements du territoire du Parc naturel régional du Queyras subissent le rude climat de haute montagne : les villages sont situés entre 1384 m et 2040 m d'altitude et les valeurs des DJU (degrés jours unifiés) sont élevées. Des DJU18 sont même comptés en période estivale : 5338 DJU18 ont été comptés en 2010 à Ristolas, et la moyenne est comprise entre 4000 à 5000 DJU18 par an (*source Météo France*). Par comparaison, en France, le nombre de DJU18 d'un hiver moyen est compris entre 2000 et 3000 sur la majeure partie du territoire. Ces températures basses engendrent des consommations énergétiques élevées.

***Abriès**, cadran solaire (rénovation Rémi Potey) - source AERE*

Ce territoire présente en parallèle des atouts pour répondre à la question climatique :

- **Avec 300 jours d'ensoleillement par an, le potentiel d'utilisation de l'énergie solaire est élevé.** La présence des cadrans solaires sur les bâtiments en est le symbole.
  La partie de ce guide qui traite de l'énergie solaire est réalisée dans le cadre du projet européen Persil (Performance solaire et industrie locale) du programme Alcotra 2007-2013, dont le Parc naturel régional du Queyras est partenaire.
  Une majeure partie des constructions présente des atouts qui permettraient, s'ils étaient bien exploités, de diminuer largement les besoins de chauffage et de couvrir une part importante des consommations par l'énergie solaire.

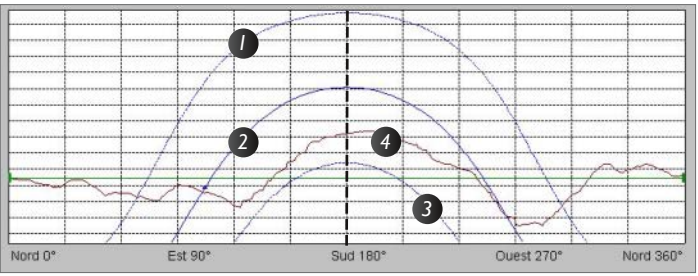


***Diagramme solaire** avec les masques lointains dans le bas de Ceillac - source logiciel Carnaval, Incub'*

1. Parcours du soleil le 21 juin
2. Parcours du soleil le 21 mars
3. Parcours du soleil le 21 déc.
4. Profil du masque lointain
./ Position du soleil à midi

Il est indispensable d'établir pour chaque bâtiment un relevé de masque solaire apporté par les montagnes ou les éléments de voisinage, afin d'en mesurer l'impact éventuel.

- **La ressource en bois**, notamment en mélèze, est importante. Dans le Queyras, ce matériau a été et est largement utilisé pour la construction et pour le chauffage. Parmi ses nombreux avantages environnementaux, le bois est renouvelable, il stocke le carbone s'il est utilisé dans la construction et s'il est de provenance locale, son bilan carbone est encore amélioré.

Perspectives

Articuler l'**intérêt culturel du patrimoine** ancien avec les objectifs d'amélioration énergétique actuels est un défi à relever pour le Queyras.

Nous recommandons, étant donné le fort potentiel solaire du Queyras et l'**urgence d'agir** pour réduire les consommations d'énergie, d'être volontaire vis-à-vis des bâtiments présentant un moindre intérêt architectural (par exemple les 24% de logements construits entre 1949 et 1975, et 36% entre 1975 et 1989), et d'intégrer une réflexion globale sur la construction, tout en évitant les risques de pathologie liés à la mise en œuvre. Les possibilités techniques et architecturales permettent d'envisager de porter jusqu'au **niveau passif** certains de ces bâtiments, au delà donc des performances des niveaux BBC Effinergie® rénovation et neuf. Il existera un surcoût, mais le bilan financier pourra être meilleur que pour des bâtiments plus anciens. À l'échelle du territoire, la haute performance énergétique de ces rénovations pourrait compenser la moindre performance de bâtiments plus contraints, afin d'atteindre en moyenne le Facteur 4 à l'horizon 2050.

C'est à ces conditions que les objectifs énergétiques territoriaux seront atteints, tout en respectant le patrimoine architectural.

Périmètre du guide

Ce livret traite des bâtiments à usage de logements les plus récurrents et qui font l'objet de travaux à visée de haute performance énergétique. Aussi ne sont pas présentés dans les typologies :

- **les bâtiments accueillant des activités spécifiques** (lieux de culte, mairies, écoles …). Ils font souvent partie d'un corps de bâtiment de dimension importante, gérés par une même entité. Le plus pertinent est alors de mener un diagnostic énergétique au cas par cas, qui devra aboutir à un plan de travaux global et adapté.
- **les bâtiments concernant un faible nombre de logements**, dont les bâtiments d'estive. Pour la rénovation de ces derniers, il sera possible de se référer aux indications constructives de ce livret, ou de se rapporter à l'ouvrage *Guide de restauration des bâtiments d'estive dans les Hautes-Alpes* (cf. bibliographie).

POTENTIEL D'AMELIORATION BIO CLIMATIQUE DES BATIMENTS EXISTANTS

Ce tableau synthétise les pistes d'amélioration énergétique des principales typologies constructives des

	Type	**Maisons agricoles de village**		
	Sous-type	***Arvieux* [A]***	***Ceillac* [B]***	***Saint Véran* [C]***
	Usage d'origine	agricole + habitation	agricole + habitation	agricole + habitation
EXPOSTION SOLAIRE	***Dimension façade sud***	faible (loggia ouverte)	variable suivant orientation	variable suivant orientation
EXPOSTION SOLAIRE	***Potentiel évolution du % des vitrages sud***	faible (si loggia ouverte)	faible dans maçonnerie - possible dans parties bois (1)	faible dans maçonnerie et fuste - fermeture vitrée des galeries en retrait (1)
EXPOSTION SOLAIRE	***Potentiel panneaux solaires toiture***	pan sud important (2)	pan sud variable (2)	pan sud variable (2)
EXPOSTION SOLAIRE	***Risques surchauffe***	faible - attention si ouvertures créées en toiture		si création vitrages ouest et ouvertures en toiture
	Potentiel amélioration vitrages	fort (traditionnel côté extérieur de la façade) - attention traiter pont thermique des		
ISOLATION (3) (4)	***Amélioration existant***	à créer	à créer	à créer
ISOLATION (3) (4)	***ITE (isolation thermique extérieure)***	difficile (maçonnerie pierre - mur avec fruit)	difficile sur maconnerie pierre - mur avec fruit	
ISOLATION (3) (4)	***ITI (isolation thermique intérieure)***			possible (attention
ISOLATION (3) (4)	***Ossature bois***	possible en remplacement des parties bois		possible dans fuste si "boîte dans la boîte"
ISOLATION (3) (4)	***Potentiel isolation toiture***			possible à créer (attention
	Compacité	bonne (augmentée si loggia fermée)	bonne (+ si galeries fermées)	mauvaise (+ si galeries fermées)
INERTIE	***Niveau maçonné***	forte	forte	forte
INERTIE	***Niveau semi-enterré***	forte	forte	forte
INERTIE	***Niveau avec bois***	moyenne (peu de bois)	moyenne (peu de bois)	faible
	% de parois en bois apparent	faible	variable	importante (fuste)
POINTS SPECIFIQUES	***Description***	loggia ouvertes au sud	galeries ouvertes orientées sud est ou ouest	
POINTS SPECIFIQUES	***Potentiel d'amélioration thermique***	exposition sud : fermeture des galeries sous forme de serre solaire en retrait de la façade, à étudier au cas par cas suivant composition architecturale et masques solaires		
	Potentiel amélioration énergétique (bilan)	**fortes contraintes : notamment maintien aspect extérieur (maçonnerie**		

(1) suivant composition esthétique de la façade
(2) implantation de panneaux solaires suivant règles esthétiques

En vert : potentiel plus facilement mobilisable
** concerne l'ensemble de la vallée*

[A] [B] [C] [D] [E] [F]

logements du Queyras.

BATIMENTS AVANT 1949 (27% des logements du Queyras)

Maisons de bourg		Bâtiments de la reconstruction
Maisons mitoyennes [D]	***Maisons de villégiature [E]***	***Après-guerre [F]***
habitation + parfois commerce	habitation	agricole + habitation
variable suivant l'orientation - attention masque du voisinage	importante	importante
faible dans maçonnerie - possible dans parties bois (1)	faible (maçonnerie) (1)	faible dans maçonnerie - possible dans parties bois (1)
pan sud variable (2)	pan sud présent (2)	pan sud important (2)
faible - attention si ouvertures créées en toiture		faible - attention si ouvertures créées en toiture
tableaux et étanchéité à l'air (détail dépend paroi bois ou maçonnerie, ITE ou ITI) - possibilité double fenêtre		
à créer	à créer	à créer
possible si mur sans fruit (difficultés si balcon en pierre et modénatures)		possible si mur sans fruit
gestion hygroscopie et ponts thermiques)		
possible en remplacement des parties bois	Ø	possible en remplacement des parties bois
détail esthétique épaisseur des dépassées de toiture)		
bonne (bâtiments compacts et mitoyens)	moyenne (bâtiments diffus)	bonne
forte	forte	forte
forte	forte	forte
moyenne (peu de parties bois)	Ø	moyenne (peu de parties bois)
faible	Ø	faible
balcons bois ou pierre	balcons bois ou pierre	balcons bois
si isolation thermique extérieure, faisabilité rupture de pont thermique à étudier pour les balcons (plus facile avec les balcons en bois)		si isolation thermique extérieure, rupture de pont thermique à étudier pour les balcons

pierre, voutes, fuste) ; très fortes contraintes dans le périmètre classé des monuments historiques

(3) ***étanchéité à l'air*** *: à traiter en parallèle à l'isolation des parois et aux modifications des ouvertures.*
(4) ***renouvellement d'air*** *: vérifier la présence et le bon fonctionnement d'une ventilation contrôlée.*

Attention !
Chaque intervention sur l'existant est un cas particulier. Une étude personnalisée permettra d'adapter les réponses techniques.

		RENOVATIONS ET REHABILITATIONS DEJA EFFECTUEES		
Type		**Bâtiments agricoles et avant 1945**		
Sous-type		***Reconstruction incendie*** *avant 1950* ***[G]***	***Réhabilitations et rénovations ponctuelles [H]*** *après 1950*	*après 1975*
Usage d'origine		agricole	locaux à usage agricole transformés en habitation	
EXPOSTION SOLAIRE	***Dimension façade sud***	idem origine	idem origine	
	Potentiel évolution du % des vitrages sud	idem origine - faible dans maçonnerie	idem origine - faible dans maçonnerie	
	Potentiel panneaux solaires toiture	idem origine	idem origine	
	Risques surchauffe	faible (maçonnerie plus importante qu'à l'origine)	faible (part de maçonnerie plus importante qu'à l'origine)	
Potentiel amélioration vitrages		idem origine	variable suivant date de remplacement	
ISOLATION (3) (4)	***Amélioration existant***	à créer	à créer	à renforcer
	ITE *(isolation thermique extérieure)*	idem origine	idem origine	variable suivant état des lieux
	ITI *(isolation thermique intérieure)*	idem origine	idem origine	variable suivant état des lieux
	Ossature bois	idem origine	idem origine	variable suivant état des lieux
	Potentiel isolation toiture	à créer (attention détail esthétique)	à créer	à renforcer
Compacité		idem origine	idem origine	
INERTIE	***Niveau maçonné***	forte	idem origine	moindre si ITI
	Niveau semi-enterré	forte	idem origine	moindre si ITI
	Niveau avec bois	peu de parties bois	idem origine	
% de parois en bois apparent		faible	variable	
POINTS SPECIFIQUES	***Description***	idem origine	idem origine	
	Potentiel d'amélioration thermique	idem origine	idem origine	
Potentiel amélioration énergétique (bilan)		**contraintes idem origine - étudier les possibilités de revalorisation architecturale et paysagère**		

(2) implantation de panneaux solaires suivant règles esthétiques
En vert : potentiel plus facilement mobilisable

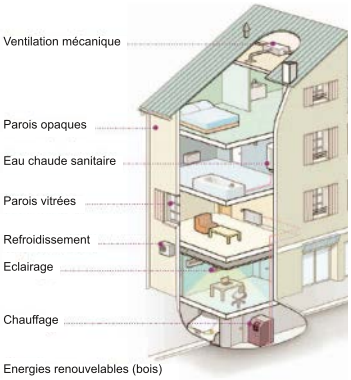
[G] [H] [I] [J]

BATIMENTS ENTRE 1949 ET 1989 (60% des logements du Queyras)

Chalet diffus [I]				Logements collectifs [J]	
Structure de l'étage maçonnée		***Structure de l'étage en bois***		***avant 1975***	***après 1975***
avant 1975	*après 1975*	*avant 1975*	*après 1975*		
habitation		habitation		habitation	
variable (suivant orientation et balcon ouvert)				variable (suivant orientation et balcon ouvert)	
fort - possibilité de revaloriser la composition esthétique de la façade - possibilité de fermer les balcons					
pan sud variable (2)		pan sud variable (2)		pan sud variable (2)	
si ouvertures en toiture et en façade ouest		si ouvertures en toiture et en façade ouest		si ouvertures en toiture et en façade ouest	
fort - attention traiter pont thermique des tableaux (si menuiserie pas dans continuité de l'isolant) et étanchéité à l'air (détail dépend paroi bois ou maçonnerie, ITE ou ITI) - possibilité double fenêtre					
à créer	à renforcer	à créer	à renforcer	à créer	à renforcer
recommandée pour les parties maçonnées (meilleure gestion hygroscopie et ponts thermiques) (difficultés si balcon en maçonnerie, dans ce cas étudier leur fermeture en serre solaire)					
possible (attention à la gestion de l'hygroscopie et aux ponts thermiques)					
Ø		possible dans les parties bois		variable	
à créer	à renforcer	à créer	à renforcer	à créer	à renforcer
faible (bâtiments diffus de dimension généralement modeste)				bonne	
moyenne		moyenne		moyenne	
variable		variable		variable	
Ø		faible inertie		variable	
faible		important		variable	
balcons bois ou maçonnerie, décrochés, orientés sud, est ou ouest					
si isolation thermique extérieure, faisabilité rupture de pont thermique à étudier pour les balcons (plus facile avec les balcons en bois) ; possibilité de fermeture des décrochés orientés au sud par des serres solaires à étudier pour revaloriser l'esthétique des façades					
multiples possibilités, possibilité de revalorisation architecturale					

(3) ***étanchéité à l'air*** *: à traiter en parallèle à l'isolation des parois et aux modifications des ouvertures.*
(4) ***renouvellement d'air*** *: vérifier la présence et le bon fonctionnement d'une ventilation contrôlée.*

STRATEGIE



*Les 8 points de la **Réglementation Thermique Existant** par élément - sources ADEME et MEDTL*

Logiques de rénovation énergétique

- **Rénovation par élément**, démarche de la réglementation thermique actuelle : les éléments à rénover sont remplacés par des éléments possédant une performance thermique supérieure. Cela permet de répartir les investissements dans le temps et de réduire la facture de l'amélioration énergétique au surcoût par rapport à des travaux inévitables (par exemple en raison de la vétusté : réfection de toiture, ravalement de façade, ouvrants à remplacer…). Cependant il n'y a pas de garantie sur les résultats finaux en termes de performance énergétique et d'optimisation des investissements si cette démarche est effectuée sans réflexion globale sur le bâtiment.

Le tableau ci-dessous récapitule les **caractéristiques techniques** correspondant aux réglementations et labels existants. Le niveau **BBC-Effinergie®** neuf répond à l'objectif énergétique national du facteur 4.

Paroi		RT Existant par éléments Obligation Zone du Queyras	BBC-Effinergie® (rénovation) Recommandation	BBC-Effinergie® (neuf) Recommandation	Niveau Passif Recommandation
Plancher haut	**Combles perdus**	R>4,5 m²K/W Équivalent 18cm*	7,5 m²K/W< R < 10 m²K/W Éq entre 30 et 40cm*	6 m²K/W< R < 10 m²K/W Éq entre 24 et 40cm*	Moyenne des U<0,15W/(m²K) Ou R>6,7 m²K/W Éq 27 cm*
	Combles aménagés	R>4 m²K/W Éq 16cm*			
Plancher bas	**Sur vide sanitaire**	R>2,3 m²K/W Éq 10cm*	3,5 m²K/W< R < 5,5 m²K/W Éq entre 14 et 22 cm*	3,5 m²K/W< R < 5,5 m²K/W Éq entre 14 et 22 cm*	
	Sur terre-plein	R>2,3 m²K/W Éq 10cm*	2 m²K/W< R < 4 m²K/W Éq entre 8 et 16cm*	2,5 m²K/W< R < 4 m²K/W Éq entre 10 et 16cm*	
	Sur local non chauffé	R>2 m²K/W Éq 8cm*	3,5 m²K/W< R < 5,5 m²K/W Éq entre 14 et 22cm*	3,5 m²K/W< R < 5 m²K/W Éq entre 14 et 20cm*	
Paroi verticale extérieure opaque	**Sur extérieur**	R>2,3 m²K/W Éq 10cm*	3,2 m²K/W< R < 6 m²K/W Éq entre 12 et 24cm*	3 m²K/W< R < 6 m²K/W Éq entre 12 et 24cm*	
	Sur local non chauffé	R>2 m²K/W Éq 8cm*			
Paroi verticale extérieure vitrée	**Coulissant**	Uw<2,6 W/(m²K) Ug<2 W/(m²K) Éq double vitrage	0,7 W/(m².K)<Uw Uw<1,7 W/(m².K) Éq entre DV performant et triple vitrage	0,7 W/(m².K)<Uw Uw<1,7 W/(m².K) Éq entre DV performant et triple vitrage	Uw<0,8 W/(m²K) Éq triple vitrage
	Autres	Uw<2,3 W/(m²K) Ug<2 W/(m²K) Éq double vitrage			
Etanchéité à l'air		Pas d'obligation	(obligatoire) maison individuelle $Q_{4Pa\text{-}Surf}$< 0,80 m³/(h.m²) (<0,30 si possible)	(obligatoire) maison individuelle $Q_{4Pa\text{-}Surf}$< 0,60 m³/(h.m²)	(obligatoire) n_{50}<0,6 Vol/h

** épaisseur équivalente approchée pour un isolant du type fibre avec lambda = 0,04 W/(m.K)*

- **Programme global de travaux sur le bâti**, au delà des changements d'usage. Cette approche permet de viser un niveau énergétique final. Elle peut être mise en œuvre par étapes ou de façon globale.
  Le programme peut être déterminé soit par un **audit énergétique**, notamment dans le cas des grands bâtiments (logements collectifs), soit par une liste de travaux systématiques à mettre en œuvre, par exemple suivant l'arbre décisionnel proposé par Effinergie ou suivant la STU (solution technique universelle) proposée par Enertech.
  Des **bouquets de travaux** sont définis, dont la composition et l'ordre de réalisation seront adaptés en tenant compte des autres contraintes (locaux occupés, budget mobilisable…).
  La STU s'inscrit dans la logique d'une approche simplifiée, inspirée de la réalité du terrain avec des travaux de rénovation souvent effectués par des petites entreprises et un faible impact de la nature des parois initiales sur la performance thermique finale après rénovation *(source : projet Renaissance, programme européen Concerto, société Enertech)*.

Le tableau ci-dessous présente plusieurs **groupes de performance**s qui permettent d'atteindre en moyenne le niveau basse consommation *(source : Enertech)*. Ils illustrent comment une technique plus performante peut compenser un élément moins performant. Bien entendu, d'autres bouquets de travaux sont envisageables.

Précisions relatives aux groupes de performances présentés dans le tableau

- **Type énergie utilisée** : chaudière bois, ou à condensation fioul ou gaz, ou Pompe à Chaleur avec COE>3
- **Équivalences pour un isolant du type fibre** avec lambda = 0,04 W/(m.K) :
  R=10 m²K/W : 40 cm
  R=7,5 m²K/W : 30 cm
  R=6 m²K/W : 24 cm
  R=4,5 m²K/W : 18 cm
  R=2,5 m²K/W : 10 cm
- **Équivalence pour les parois vitrées**
  Uw = 0,8 W/(m²K) : triple vitrage gaz krypton
  Uw = 1,1 W/(m²K) : triple vitrage gaz argon
  Uw = 1,7 W/(m²K) : double vitrage peu émissif gaz argon
- **Étanchéité à l'air moyenne** : n_{50} = 3 vol/h (débit de fuite sous 50 Pa)

Isolation thermique parois verticales (int/ext)	*Étanchéité à l'air*	*Type VMC*	*R plancher haut (m²K/W)*	*R plancher bas (m²K/W)*	*R mur (m²K/W)*	*Uw vitrages W/(m²K)*
ITI	Moyenne	DF	10	4,5	6	1,1
ITI	Moyenne	DF	10	4,5	4,5	0,8
ITI	Bonne	DF	10	4,5	4,5	1,7
ITI	Bonne	DF	7,5	2,5	4,5	1,1
ITI	Bonne	SF hygroB	10	4,5	6	0,8
ITE	Moyenne	DF	7,5	4,5	4,5	1,7
ITE	Moyenne	DF	7,5	2,5	4,5	1,1
ITE	Bonne	DF	7,5	2,5	4,5	1,7
ITE	Bonne	DF	7,5	2,5	2,5	1,1
ITE	Bonne	SF hygroB	7,5	2,5	4,5	1,1

ITI : isolation thermique intérieure ; ITE : isolation thermique extérieure
SF : simple-flux ; DF : double-flux avec récupération de chaleur

Feuille de route décisionnelle - Elaborée à partir de l'arbre décisionnel proposé par Effinergie

Principes d'utilisation

Le tableau ci-dessous vous permet de composer un programme de travaux en suivant l'ordre des numéros des postes (1 à 7). Les postes qui n'ont pas de numéro seront traités en parallèle des postes numérotés. La colonne *Action* oriente votre questionnement, la colonne *Compléter* est destinée à vos remarques.

Les postes du point a (ci-dessous) traitent de l'amélioration des performances thermiques du bâtiment. Ils sont complétés par les postes du point b (ci-contre p.15) qui traitent l'amélioration des systèmes de production de chaleur.

Poste		Action	Compléter
a. Réduire les besoins			
1. Fenêtres *		à changer / changement impossible	
2. Isolation par l'extérieur *		à réaliser / impossible : I.T. Intérieure possible ?	
3. Ventilation *		à créer (Ventilation Contrôlée à Double Flux, ou à défaut VMC SF hygro-B) / existante : vérifier débits et état des filtres	
		existante : vérifier débits et état des filtres, puis renforcer ou remplacer ou difficilement modifiable (justifier)	
4. Isolation de toiture *		à créer / existante à renforcer / existante difficilement modifiable (justifier)	
5. Isolation de plancher *		à créer / existante à renforcer / existante difficilement modifiable (justifier)	
Etanchéité à l'air *		à mener en parallèle à l'isolation et modifications des ouvertures ; prévoir test d'infiltrométrie après pose des menuiseries et de l'isolation	
Inertie	**faible (partie ossature bois)**	suffisante (isolation ou déphasage importants) / à renforcer	
	moyenne à forte (partie maçonnerie)	suffisante	
Gestion du confort d'été	**protections solaires sud**	existantes et suffisantes / à créer ou renforcer	
	protections solaires ouest et toiture	existantes et suffisantes / à créer ou renforcer	
	surventilation nocturne	existant possible / à créer	
	abords végétalisés	existants / à modifier	

** Pour ces postes, se référer aux valeurs indicatives BBC, au bouquet de travaux STU, ou au Passif*

En savoir plus

Les points 1 et 2 définissent quatre scénarios de travaux qui sont décrits dans l'ouvrage *Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs*. (cf. bibliographie)

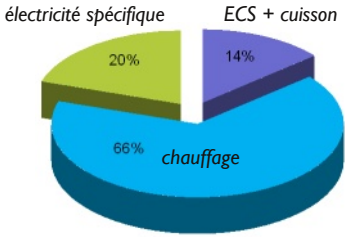
L'ensemble de ces postes de travaux d'amélioration énergétique sont détaillés dans la suite du guide.

Poste		Action	Compléter
b. Produire mieux			
6. Production et gestion du chauffage et de l'eau chaude sanitaire	**chaudière**	système récent et performant (justifier) / ancienne ou peu performante : à remplacer après amélioration de l'enveloppe	
	chauffage électrique (attention, coefficient d'énergie primaire élevé)	remplacement par une chaudière à combustible performante possible (en parallèle de gros travaux) / installation d'un poêle à bois performant possible / remplacement des convecteurs par des panneaux rayonnants / pas d'amélioration possible (justifier)	
	thermostat - régulation	existant / pose robinets thermostatiques possibles / thermostat centralisé possible / pas de pose possible (justifier)	
	eau chaude sanitaire	récente et performante (justifier) / à remplacer	
	systèmes économiseurs d'eau	existants / à installer	
7. Recours aux énergies renouvelables pour le chauffage et l'ECS	**énergie solaire thermique**	système solaire combiné SSC possible (eau chaude sanitaire + chauffage) / eau chaude sanitaire CESI possible / impossible (justifier)	
	énergie bois	possible / impossible (justifier)	
Production d'électricité photovoltaïque		possible / impossible (justifier)	

Pour résumer

Il n'existe pas de réponse unique pour atteindre le niveau de basse consommation énergétique. Il est le résultat d'une moyenne entre les performances des composants choisis pour un bâtiment : possibilités de bioclimatisme (compacité, orientation...), degré d'isolation des différentes parois, inertie, étanchéité à l'air, performance des systèmes (renouvellement d'air, chauffage, énergies renouvelables).

D'autres critères influencent ces choix : usage, confort souhaité, période d'utilisation, sécurité, accessibilité, pérennité du bâti, gestion hygrothermique, acoustique, confort d'été, structure, esthétique, modifications visuelles, financier, artisans, fournisseurs …



Répartition des consommations d'énergie des bâtiments
- source SOeS, 2007
Actuellement, en France, la majeure partie des consommations d'énergie du secteur résidentiel - tertiaire est liée au chauffage.

Rénovation par étapes ou rénovation globale ?

D'après Effinergie, **une rénovation globale est moins onéreuse au total** qu'une rénovation par éléments : le coût global des travaux réalisés en une seule opération est inférieur à la somme de plusieurs interventions. Cependant, l'investissement initial est plus élevé et les travaux importants ne sont pas toujours envisageables en site occupé. **Ne rien faire est ce qui revient le plus cher.**

Une rénovation par étapes nécessite :

- une réflexion sur le traitement de l'étanchéité à l'air et des ponts thermiques ;
- de poser aussi la question du dimensionnement de l'installation de chauffage ;
- d'informer les occupants que le confort et les économies sur les charges énergétiques ne seront atteints que lorsque le projet total sera réalisé ;
- d'organiser la rénovation en 3 étapes au maximum : permet une meilleure gestion technique, la perception des améliorations, et une durée globale limitée pour éviter le découragement.

Lorsque le projet est échelonné en plusieurs étapes, Effinergie recommande de définir un niveau de résultat final à atteindre, et de retenir les meilleures performances à chaque phase.

Les consommations d'énergie dans un bâtiment

Les besoins de chauffage correspondent aux quantités d'énergie nécessaires pour compenser la quantité de chaleur qui s'échappe du bâtiment afin de maintenir l'ambiance intérieure à la température souhaitée. La consommation est supérieure aux besoins à cause du rendement des appareils de production et des circuits de distribution. Le taux et les périodes d'occupation influencent la courbe des besoins d'énergie dans le temps.

Dans un bâtiment performant, la part du chauffage diminue au profit des consommations liées aux activités des habitants : eau chaude sanitaire, électricité spécifique (froid, lavage, éclairage, technologies de la communication et bureautique), cuisson. Les consommations d'eau chaude sanitaire et d'électricité spécifique peuvent être largement réduites par l'utilisation sobre des appareils, et par le choix d'équipements performants (*se référer au chapitre petites interventions page 42*).

Dans le Queyras, un logement bien conçu n'a pas besoin de rafraîchissement pour assurer le confort estival des habitants.

Zoom : le confort thermique

Les échanges thermiques du corps se font sous différentes formes (*cf. tableaux ci-contre*). Le confort perçu est variable d'une personne à l'autre car il dépend du métabolisme. Le non respect des critères de confort hygrothermique risque d'engendrer des pathologies pour l'habitant et dans la construction.

La température perçue dans un lieu est une moyenne pondérée des températures des 6 parois, et de la température de l'air. Si les parois sont mal isolées, la température des parois est plus faible que la température de l'air, et un inconfort est ressenti : c'est l'effet de paroi froide.

Le confort hygrothermique dépend aussi du taux d'humidité et de la vitesse de l'air. Lors des périodes de chaleur, un courant d'air est recherché.

Une performance thermique élevée apporte une amélioration du confort intérieur, par les diminutions des effets de paroi froide ou de courant d'air.

D'après Minergie, le comportement des usagers peut faire varier de 50%, en plus ou en moins, les consommations énergétiques dans un bâtiment à basse consommation d'énergie, et influe sur le confort : alimentation, vêtements, activité physique, mais aussi ouverture des fenêtres et des portes, utilisation des appareils électroménagers, gestion des protections solaires mobiles, fermeture de rideaux épais devant les fenêtres pour éviter l'effet de paroi froide, fermeture des volets la nuit …

Zoom : quelques rappels réglementaires

Les travaux de rénovation et de réhabilitation doivent **respecter la législation** en vigueur, notamment : les PLU (plans locaux d'urbanisme), les servitudes aux abords des monuments historiques, les ZPPAUP (zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager), ce qui est le cas pour la commune de Saint-Véran, ou les AVAP (aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine) qui les remplacent.

Lorsqu'ils impactent l'aspect extérieur du bâtiment, les travaux doivent faire l'objet d'un dépôt de dossier de **déclaration préalable**. Dans le cas d'une modification d'usage, et dans certains cas pour les augmentations de surfaces habitables, l'obtention d'un **permis de construire** est obligatoire. Dans le cas d'une rénovation par éléments, ceux-ci doivent avoir des valeurs thermiques minimales. Pour aller plus loin, il est possible de recourir aux services d'un architecte ou directement de l'architecte conseil.

Facteurs intervenant dans les échanges thermiques

Température des parois
Température de l'air
Vitesse de l'air
Humidité
Métabolisme
Habillement

Répartition des échanges thermiques

35% Convection
35% Rayonnement
23% Évaporation, sudation
6% Ingestion, nourriture
1% Conduction

En vert - facteurs influencés par le bâtiment, son fonctionnement et son environnement
En rouge - facteurs qui dépendent uniquement de l'habitant

Bon à savoir

La loi du 12 juillet 2010 stipule qu'un permis de construire ne peut plus s'opposer à l'utilisation de matériaux renouvelables ou procédés de construction limitant l'émission de gaz à effet de serre, aux dispositifs de gestion des eaux pluviales ou à la production d'énergie renouvelable. Il est possible d'adjoindre des prescriptions pour assurer l'intégration architecturale du projet.

Ces nouvelles dispositions ne s'appliquent pas sur les secteurs sensibles au niveau patrimonial (secteurs sauvegardés, ZPPAUP, AVAP, périmètres de monuments historiques…).

ELEMENTS DE CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

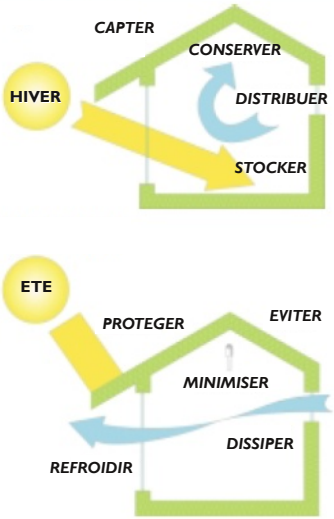
Les principes bioclimatiques sont les mêmes pour le neuf ou pour une amélioration thermique de l'existant. Même si les interventions sont plus limitées dans ce cas, il existe un panel de solutions à exploiter.

Les grands principes du bioclimatisme

La conception bioclimatique a pour objectif de créer dans un bâtiment une ambiance confortable en tirant parti du climat. Une bonne conception peut, d'après Minergie, faire gagner jusqu'à 50% d'énergie.

Dans le Queyras, elle permet de diminuer les besoins de chauffage l'hiver et de supprimer les besoins de rafraîchissement l'été.

Stratégies bioclimatiques saisonnières *- source Effinergie*



En hiver, la stratégie du chaud s'applique :

- **capter** les calories du soleil grâce aux vitrages sud ;
- **conserver** la chaleur. Limiter les déperditions grâce à l'isolation et l'étanchéité à l'air, ainsi qu'à la compacité et la disposition des espaces, la protection au vent ;
- **stocker** les calories (produites, apports solaires, apports internes) grâce à l'inertie ;
- **distribuer** pertinemment la chaleur grâce à la répartition des espaces intérieurs (compacité, ouverture des portes, flux ascendants, disposition des pièces).

En été, la stratégie du froid s'applique :

- **se protéger** des apports solaires en limitant les surfaces exposées (orientation, protections solaires, revêtements de sol) ;
- **éviter** les calories extérieures grâce à l'isolation ;
- **évacuer** la chaleur en la dissipant pendant la fraîcheur nocturne, stocker la fraîcheur grâce à l'inertie ;
- **minimiser** les apports de chaleur internes.

L'orientation

Pour une captation solaire optimale d'un bâtiment, l'orientation selon un axe est-ouest est la meilleure. Cet axe permet un développement maximum de la façade sud (entre sud-est à sud-ouest) pour capter les apports solaires l'hiver, ainsi que des façades est et ouest minimales afin de limiter les parois perpendiculaires aux rayons du soleil l'été. La façade nord sera la plus petite possible pour éviter les déperditions.

Dans le Queyras de nombreuses constructions rurales répondent à ce schéma, comme ci-contre à Arvieux, avec une façade sud importante, des pignons plus étroits est et ouest, et une façade nord en partie enterrée.

En réhabilitation des modifications pourront être apportées par la modification des ouvertures existantes, ou à l'occasion d'agrandissements (fermeture d'espaces ouverts, extensions).

Pour rappel, l'exposition solaire peut être mesurée grâce à un relevé de masques.

La protection aux vents

Elle est recommandée dans une conception bioclimatique afin de limiter les pressions d'air qui génèrent une augmentation de la déperdition des calories. Elle sera traitée par :

- les sas thermiques pour les portes d'entrée, très judicieux pour le climat froid du Queyras ;
- des façades exposées au vent les plus petites possibles (orientation, partie semi enterrée, toiture dissymétrique), à modifier par exemple lors d'une extension ;
- la pose de protections (végétation résistante, murets …).

La compacité

Plus une construction est compacte, moins elle a de surface de murs extérieurs pour un volume donné, donc moins il y a de pertes de chaleur par conduction.

Pour y parvenir, il faut limiter les décrochés et se rapprocher du cube, par exemple dans une intervention sur l'existant en réalisant une extension ou en fermant une partie du bâtiment, comme dans l'exemple ci-contre.

Afin de réduire les besoins de chaleur, le volume à isoler sera défini au plus près possible des espaces réellement utilisés et chauffés. Pour donner un ordre de grandeur, dans le label Passivhaus, la surface par habitant par défaut est de 35 m^2 par habitant.

Plan d'Arvieux *- source SIT PNR Queyras*

L'aménagement intérieur

- Situer les pièces à vivre (séjour) au sud et mettre en place des "**espaces tampons**" : au nord des pièces non chauffées et à l'ouest celles ne craignant pas la chaleur (garage, cellier, couloir, sanitaires)

- **Zonage thermique** : regrouper les pièces qui ont besoin d'une même température. Cette redistribution des pièces à chauffer se fera en parallèle avec la définition de l'enveloppe thermique.

- **Revêtements intérieurs** : des matériaux « chauds » (à effusivité élevée, comme le bois) augmentent la sensation de température perçue, des revêtements de sol sombres captent plus l'énergie solaire.

Saint-Véran*, coursive fermée - source AERE*

LES PAROIS VITREES

Enjeux bioclimatiques

- Augmenter les apports solaires l'hiver et diminuer l'effet de paroi froide
- Limiter les apports solaires l'été
- Apporter de la lumière naturelle

Pour limiter l'effet de paroi froide et les surchauffes estivales, il est conseillé d'avoir un rapport surface vitrée / surface habitable de 1/6ème, ou entre 16 et 18%.

Même triple, **un vitrage est un point faible dans l'isolation d'une paro**i. Dans le Queyras, où les températures extérieures hivernales sont très basses, la surface des vitrages résulte d'un équilibre entre d'une part les déperditions et la sensation de paroi froide et d'autre part les apports solaires et lumineux.

Étant donnés le climat rigoureux du Queyras, l'urgence d'agir pour limiter le réchauffement climatique, et les difficultés rencontrées dans le traitement thermique de certaines parois opaques, la généralisation du **triple vitrage**, et des doubles fenêtres performantes, est souhaitée sur toutes les orientations du bâtiment. Elle permettra de compenser en partie les performances thermiques plus modestes d'autres postes. Dans les cas où le surcoût du triple-vitrage serait prohibitif, il faudra alors choisir un double vitrage très performant.

La pose sera toujours accompagnée d'une attention particulière portée à l'étanchéité à l'air (pose d'un joint de compression sur tout le périmètre de la menuiserie) et aux **ponts thermiques** (pose de la fenêtre dans la continuité de l'isolant ou traitement des retours de tableaux).

***Saint-Véran**, ombre portée par la dépassée de toiture - source AERE*

En hiver, capter la chaleur

- Augmenter la surface des vitrages en façade sud
- Diminuer les vitrages de la façade nord, en répondant aux besoins de lumière naturelle
- Utiliser des vitrages fixes ; moins onéreux que des ouvrants, ils limitent les ponts thermiques et les défauts d'étanchéité à l'air
- Faire attention aux masques solaires : cf. exemple ci-contre.

En été, se protéger des surchauffes

- Éviter les apports solaires
  - Diminuer la surface des vitrages orientés est et ouest (rayons solaires perpendiculaires le matin et le soir), ainsi que des vitrages situés dans les pans de toiture est, sud et ouest (rayons solaires perpendiculaires le midi). Pour ces expositions, du fait de l'angle d'incidence, les rayons solaires pénètrent fortement.
  - Utiliser des protections solaires adaptées à chaque orientation et inclinaison

- Évacuer les apports solaires et internes
- Créer une circulation d'air traversante avec des ouvertures de part et d'autre du bâtiment. Il est possible de choisir des ouvrants oscillo-battants, ou à soufflet.

Diverses possibilités pour modifier la performance des surfaces vitrées

- Augmenter la dimension des ouvertures existantes
- Créer de nouvelles ouvertures
- Créer une extension vitrée qui améliore la compacité du bâtiment (coursive vitrée)
- Renforcer l'isolation des vitrages, ce qui influence aussi l'isolation phonique :
  - remplacement des vitrages en conservant le cadre des ouvrants et le dormant existants ; la performance thermique résultante est faible
  - remplacement de l'ouvrant, et conservation du dormant
  - remplacement de l'ensemble complet ouvrant + dormant : par rapport à la solution précédente, cette solution permet de mieux traiter l'étanchéité à l'air, et préserve la quantité d'éclairage naturel
  - pose d'une double fenêtre côté intérieur, en double vitrage performant avec traitement des ponts thermiques

Par ailleurs, les volets isolants pleins (en bois, ou volets roulants isolés) peuvent améliorer l'isolation thermique en permettant une diminution des déperditions nocturnes.

***Saint-Véran**, ouvertures créées dans un pignon de fuste : des jambages latéraux sont créés, les poutres restantes sont liaisonnées - source AERE*

***Gaudissard**, extension vitrée fermant la coursive. L'ossature et le garde corps des balcons d'origine restent apparents. Le vitrage a le moins possible de montants intermédiaires. La serre s'arrête au nu de la façade pignon - source AERE*

Cas particulier : modifier les ouvertures de la partie bois d'un bâtiment d'avant 1945

En général, la création d'ouverture dans les parties bois sera préférée à une création dans la maçonnerie.

Lorsqu'elles sont créées dans la partie en bois qui servait autrefois de grange à foin, les ouvertures vitrées n'ont pas de forme de référence dans l'habitat ancien. Selon le projet architectural, elles peuvent alors prendre clairement un langage contemporain. Les ouvertures aux dimensions standard actuelles seront évitées au profit de la vitrification par panneau en suivant la composition de la façade. Il est aussi recommandé de s'affranchir des montants intermédiaires : si les ouvrants en nécessitent, ils seront positionnés en composition avec le reste de la façade.

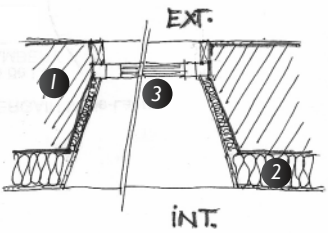
Dans un parti architectural différent, les ouvertures créées peuvent être fermées par des volets qui rendent son aspect initial au bardage, ou reprendre les éléments structurels des portes dans les fustes.

La création de partie vitrée peut aussi se traduire par une extension vitrée. Les constructions en bois du type fuste nécessitent une approche au cas par cas, du fait de leur aspect et de leur mode constructif.

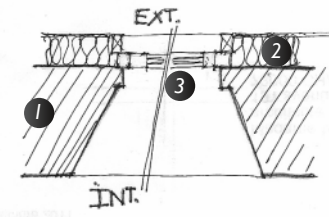
***Les Escoyères**, ouvertures créées dans un pignon à bardage bois. Le volet reprend le rythme du bardage - source AERE*

***Les Escoyères**, pignon vitré - source AERE*

***Double-fenêtre** - source AERE*



***Isolation par l'intérieur**, schéma de fenêtre double-vitrage et retours de tableau isolés - source AERE*



***Isolation par l'exterieur**, schéma de fenêtre double-vitrage et encadrement bois posés dans la continuité de l'isolant - source AERE*

1. mur existant maçonné
2. isolant
3. complexe de la menuiserie. Attention aux ponts thermiques liés à l'encadrement.

Cas particulier : modifier les ouvertures de la partie maçonnée d'un bâtiment d'avant 1945

- **Ouverture existante, cas de l'isolation par l'intérieur**: il est possible de placer une double-fenêtre côté intérieur, ce qui permet de préserver l'aspect visuel de la façade, ou bien de remplacer simplement la nouvelle fenêtre. Il faut isoler les retours de tableau, la tablette et le dessous du linteau
- **Ouverture existante, cas de l'isolation par l'extérieur** : à l'image des complexes menuisés traditionnels du Queyras souvent placés au nu des murs extérieurs, il est possible de placer le complexe de la nouvelle fenêtre dans la continuité de l'isolant sans perturber les reliefs extérieurs de la façade.
- **Créer des ouvertures supplémentaires** : les intégrer au cas par cas dans la composition de la façade. Emplacement, nombre, proportions, type de menuiserie, d'encadrement, de volets et grilles doivent être étudiés pour s'accorder avec les ouvertures existantes et respecter la prédominance de la maçonnerie.
- La **modification des dimensions des ouvertures** est délicate, car celles-ci ont des proportions caractéristiques : elle devra être étudiée finement.

Astuces techniques

- Pour éviter des désordres dûs à la différence d'**altitude** entre le lieu de fabrication et le lieu de pose, la pression du gaz argon doit être prise en compte, soit par une mise à niveau sur le chantier, soit par des verres résistants au transport
- Les doubles vitrages peu émissifs existent aussi avec une **protection solaire**, pour un facteur solaire de 0,43.
- Dans le cas d'un remplacement de fenêtre, la **dépose totale de la menuiserie**, dormant inclus, facilite le traitement de l'étanchéité à l'air, par exemple entre la nouvelle fenêtre et la maçonnerie. De plus cela permet de ne pas diminuer les apports lumineux en minimisant les montants de menuiserie.
- Limiter le nombre de **montants intermédiaires**, qui pénalisent les apports solaires, la luminosité, la performance thermique
- À surface de vitrage équivalente, le bénéfice thermique du **triple vitrage** sera décroissant de l'orientation nord à l'orientation sud. Si la main d'oeuvre, la dépose et le remplacement total du dormant avec traitement de l'étanchéïté à l'air sont inclus, le surcoût du triple vitrage par rapport à un double vitrage performant sera légerement supérieur à 10%.

Zoom : les serres solaires

Leur création est possible à travers une extension. C'est un espace non chauffé, dont l'occupation varie en fonction des saisons. Ce peut être une pièce supplémentaire, ou encore un espace de circulation. Cet espace doit être isolé de l'habitation, avec laquelle il communique par des portes ou fenêtres. Orienté au sud, cet espace tampon permet de capter et d'accumuler la chaleur de l'ensoleillement diurne pour la restituer pendant les heures défavorables, durant la saison l'hiver et les intersaisons.

La serre solaire est plus efficace si :

- elle est isolée (double vitrage) ;
- elle est sur plusieurs niveaux ;
- elle est encadrée par des retours du bâtiment ;
- elle jouxte une paroi possédant une bonne inertie, l'idéal étant le mur du fond ;
- une protection solaire et des ouvertures hautes d'évacuation sont prévues pour éviter les surchauffes estivales.

Elle introduit un langage architectural contemporain. Une variante pourrait être déclinée en vitrant les distributions traditionnellement ouvertes exposées sud. Cette solution devra être approuvée au cas par cas par les services territoriaux de l'architecture et du patrimoine.

***Molines**, véranda dans une réhabilitation - source EIE-CPIE*

Les caractéristiques à demander au fabricant

- Performance thermique U_w en W/(m².°C)
- Facteur solaire (FS ou g et S_w), impacte la pénétration des rayons solaires
- Facteur de transmission lumineuse (TL) impacte la pénétration de la lumière
- Facteur de réflexion lumineuse (RL) (vitrage « peu émissif »)

Type de fenêtre	U_w	FS	TL
Double vitrage courante RT 2005	1,8	0,76	0,81
Double vitrage peu émissive 4/16argon/4	1,4	0,60 à 0,64	0,80
Double-fenêtre (1)	1,1 (2)		
Triple vitrage	0,8	0,45 à 0,61	max 0,70

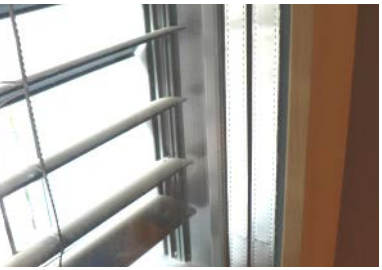
(1) Fenêtre existante + DV performant + isolation des tableaux - (2) Source : alec-grenoble

Zoom : les protections solaires estivales

Protéger les vitrages verticaux sud

- Leur protection est facile : le soleil est presque vertical à midi ; les rayons solaires ont un grand angle d'incidence avec le vitrage et pénètrent peu.
- La protection solaire peut être étroite. La dimension idéale d'une casquette sud qui ombrage pendant les heures chaudes de mai à août peut être calculée :
  - soit avec la trigonométrie et le diagramme solaire,
  - soit avec la formule (latitude 45° nord) : profondeur de la protection solaire = hauteur entre l'allège de l'ouverture et le dessous de la casquette / 2.
- Exemples : balcon, dépassée de toiture, casquette, store banne, treille ou canisses posées sur une ossature.

***Abriès**, balcon et dépassée de toiture adaptés à une protection solaire sud - source AERE*



Brise-soleil orientable extérieur
- source AERE

***A gauche**, fenêtres de toiture intégrées avec des panneaux solaires thermiques*
***A droite**, puits de lumière*
- sources Schüco et Solartube

***Éclairage indirect** à travers une cloison*
- source AERE

***Abriès**, verrière composée de fenêtres de toiture dans une toiture en bardeaux*
- source AERE

Protéger les vitrages verticaux est et ouest

- Leur protection est plus difficile : les rayons solaires sont quasiment perpendiculaires et pénètrent fortement.
- Exemples : volets (pleins, roulants, persiennes), BSO (brise-soleil orientables) extérieurs, plantation d'arbres à feuilles caduques, treille …

Les brise-soleil orientables extérieurs protègent très efficacement : la pose en est simple, et une fois repliés ils sont visuellement discrets. Si toutes ces protections ne sont pas envisageables, des stores peuvent être utilisés. Ceux-ci sont plus efficaces s'ils sont situés à l'extérieur de la baie.

Les protections mobiles permettent de suivre les besoins, de conserver l'entrée lumineuse et le rayonnement solaire. Il est possible d'installer une gestion automatisée des protections solaires mobiles, dont le coût est à relativiser en fonction du mode de vie des habitants et du risque de surchauffe.

Zoom : éclairage naturel

Pourquoi ?

- Confort visuel
- Eviter l'usage de l'éclairage artificiel en journée, et limiter les apports internes estivaux

Comment ?

- Disposition des ouvertures : un linteau haut pour les ouvertures permet à la lumière de pénétrer plus profondément dans une pièce
- Attention à ne pas générer d'éblouissement
- Amener de la lumière par le toit :
  - Fenêtres de toiture : peu intéressantes du point de vue bioclimatique, elles existent désormais en triple vitrage. Du fait des angles d'incidence des rayons solaires, elles captent peu les rayons solaires hivernaux, et trop les rayons estivaux. L'hiver, la neige stagne dessus. Hormis au nord, elles doivent être pourvues de protection solaire (protections extérieures, vitrage à contrôle solaire) pour éviter les risques de surchauffe. Elles peuvent être intégrées visuellement dans une série de capteurs solaires.
  - Les puits de lumière : discrets, ils peuvent être implantés à distance de la zone à éclairer, moindre risque de surchauffe estivale.
- Éclairage indirect : insérer des parties vitrées (translucides ou transparentes) au niveau des portes (vitrage ou imposte) et des cloisons
- Pour les fustes, il est possible de créer, sous une dépassée de toiture latérale, des ouvertures en longueur, en substitution de quelques troncs. Il en résulte un effet visuel de bandeau sous la toiture. En général il est souhaité que les ouvertures créées ne soient pas visibles depuis l'espace public.

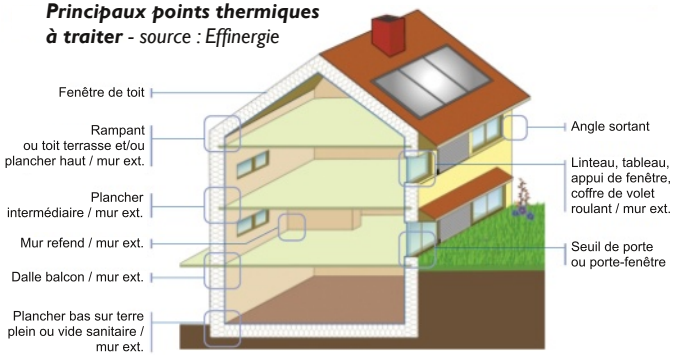
ISOLATION

Les points à risque : principaux ponts thermiques

Afin d'obtenir une haute performance énergétique, il est nécessaire que l'enveloppe isolée soit continue, c'est-à-dire qu'il y ait le moins possible de ponts thermiques.

Les ponts thermiques (défaut de continuité dans l'enveloppe isolante extérieure) sont localisés à la jonction entre des éléments différents (menuiseries – mur courant), ou des pans de parois différents (plancher – paroi verticale). Il est aussi intéressant de poser l'isolant en couches croisées.

Principaux points thermiques à traiter *- source : Effinergie*



Isolation de toiture

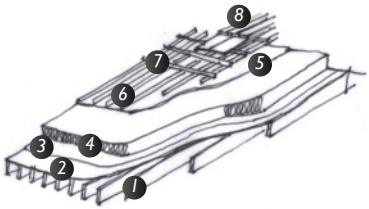
Il existe deux cas de figures :

- les combles sont perdus : l'isolant peut être facilement posé au sol
- les combles sont habités, l'isolation suit les rampants (le guide de recommandations du CSTB n°2267 fait référence depuis 1988 pour les toitures en climat de montagne) :
  - soit l'isolation se fait sous les rampants
  - soit l'isolation se fait au-dessus de l'ossature primaire : le **sarking**. Cette technique assure la continuité de l'enveloppe extérieure, comme dans le schéma ci-contre. Attention à maintenir les dépassées fines des toitures en bardeaux, par exemple avec le principe du chevron de compensation.

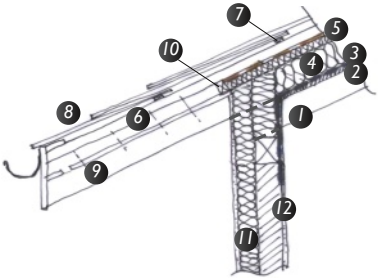
Dans tous les cas, le raccord d'isolation ainsi que l'étanchéité à l'air entre la toiture et les parois verticales doivent être soigneusement traités.

Et l'isolant existant ?

Établir dans un premier temps un constat de son état (tassement, moisissures…). En fonction des dégradations et de la gestion hygrométrique, il sera décidé soit de le déposer, soit d'ajouter une couche afin d'obtenir une performance suffisante.



Principe du sarking *- source AERE*



Principe du chevron de compensation *- source AERE d'après Pavatex*
1. chevron de la charpente primaire
2. plancher support (parement intérieur)
3. régulateur de vapeur
4. isolant de toiture / 5. pare-pluie
6. contre-liteaux / 7. liteaux / 8. couverture
9. chevron de compensation rapporté
10. carrelet de retenue
11. isolant de façade
12. parement intérieur de façade (recouvrement pour continuité de l'étanchéité à l'air avec la toiture)

Isolation des parois verticales

En paroi verticale, il existe **quatre systèmes constructifs différents**, qui modifient l'aspect extérieur ou intérieur des façades.

Pour pouvoir conserver la valeur paysagère du patrimoine, il est souhaité de maintenir les irrégularités de certains murs en pierre (planéité, verticalité...). Le bardage bois pourra être posé en remplacement de parties en bois existantes, de préférence en reprenant la trame et le gabarit des planches.

Pour rappel, la valeur de l'isolation dépend de son épaisseur. Il est indispensable de demander ces données au fabricant.

Brique de chanvre *- source Chanvribloc*

◗ Isolation thermique répartie (ITR)

Exemple : le monomur, le béton de chanvre, la brique de chanvre (source Chanvribloc, Trièves)

Avantages :

- bien adapté au doublage d'un mur en maçonnerie de béton ou de pierres
- permet de rectifier la planéité du mur
- bonne gestion hygroscopique
- bonne inertie

Inconvénients :

- attention à préserver les propriétés hygroscopiques des matériaux
- performance thermique moindre : nécessite une grande épaisseur ou l'ajout d'un isolant complémentaire pour atteindre un R élevé

Brique monomur *- source Wiener*

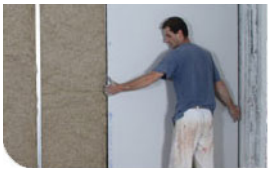
Ces produits sont utilisés en rénovation pour reconstituer un mur, ou bien comme isolation en doublage extérieur ou intérieur d'un mur en maçonnerie. Par exemple, ils conviennent au renforcement de l'isolation des murs en pierre.

◗ Isolation thermique intérieure (ITI)

Exemple : doublage intérieur

Avantages :

- coût relativement faible si les locaux ne sont pas occupés
- facilité de mise en œuvre
- aspect extérieur non modifié
- possibilité d'isoler par étapes



Doublage intérieur *- source Biofib*

Inconvénients :

- nécessite d'évacuer le local pendant les travaux
- ne permet pas de conserver l'inertie des murs extérieurs maçonnés

- gestion de l'humidité à intégrer au choix des matériaux et de leur mise en œuvre
- attention à ne pas endommager l'épaisseur de l'isolant et l'étanchéité à l'air par le passage des gaines techniques
- l'épaisseur de l'isolant diminue la surface des pièces
- génère un ensemble de ponts thermiques qui seront plus ou moins complexes à traiter, avec des risques de pathologie

Si l'isolant fibre a des propriétés capillaires, il sera plaqué de façon la plus solidaire possible avec la maçonnerie afin d'évacuer les éventuels condensats. Dans le cas contraire, contre un mur en pierres, l'isolant fibre sera séparé du mur par un espace ventilé, par exemple grâce aux petites ouvertures existantes.

L'ITI conviendra dans les cas où l'ITE n'est pas envisagée pour des raisons de préservation de l'aspect extérieur des façades.

Les "isolants minces"

Appelés ainsi de façon inexacte, les produits réfléchissants opaques agissent par réflexion des rayonnements infrarouges. Ils sont couplés à une lame d'air. Ils ont une émissivité élevée. Cependant leur valeur isolante réelle est faible. Ils doivent être mis en œuvre de façon très soignée, sinon des désordres risquent d'apparaître, entre autres liés à de la condensation.

Isolation thermique extérieure (ITE)

Le revêtement d'une ITE peut être un bardage ou un enduit (moins onéreux).

Avantages :

- Epaisseur de l'isolant peu limitée
- Réduit le nombre de ponts thermiques par rapport à l'ITI
- Possibilité d'isoler pendant l'occupation des locaux
- Maintien l'inertie à l'intérieur des locaux
- Peut être mise en place à l'occasion d'un ravalement de façade

Inconvénients :

- Plus onéreux que l'ITI, nécessite un échafaudage
- Modifie l'emprise du bâtiment (empiètement sur le domaine public, la propriété voisine …)
- Impacte l'aspect de la façade (plus ou moins suivant les cas : surépaisseur, surface rectiligne, profondeur des tableaux, revêtement crépi ou bois), les fixations des éléments de façade.
- Attention au traitement des ponts thermiques résiduels : retours de tableaux, linteaux et appuis si la menuiserie n'est pas en alignement avec l'isolant, acrotères, balcons, avant-toits, point bas du mur
- Attention aux règles de sécurité incendie

Par exemple, l'ITE peut être choisie pour isoler les murs en maçonnerie dont la surface est plane.

Isolation par l'extérieur
- source Pavatex

Les enduits isolants

La valeur d'isolation réelle est faible, c'est donc un pis-aller qui exige des performances très fortes en compensation pour les autres éléments pour atteindre une haute performance énergétique.

Exemples des caractéristiques d'un enduit isolant : résistance à la diffusion de vapeur d'eau : 5, lambda 0,045 W/(m.K), d'où R=1,11 m^2.K / W pour une épaisseur de 5 cm

***Ceillac,** paroi ossature bois - source AERE*

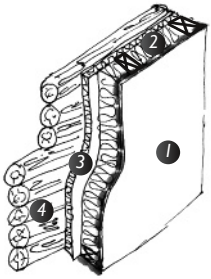
Système à ossature et remplissage isolant

Avantages :

- Système léger
- Epaisseur d'isolant moins contraignante

Inconvénients :

- Risque de rupture dans la continuité de l'isolation au niveau des montants de l'ossature. Il est possible de poser une couche d'isolant pare-pluie côté extérieur, ou bien de poser des couches croisées
- L'inertie est faible

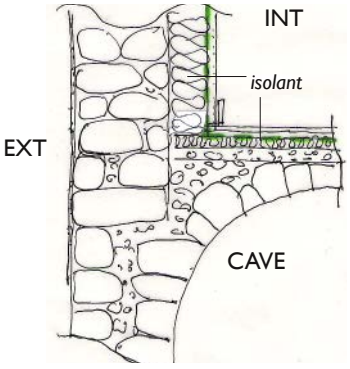


***Principe "Boîte dans la boîte"** - source AERE*

Dans le Queyras, ce système pourra être utilisé soit en remplacement d'une paroi en bois existante, soit pour créer une nouvelle paroi en retrait d'une paroi existante sur laquelle il est souhaité de ne pas intervenir, comme dans l'exemple ci-contre pour réhabiliter une fuste : créer une **boîte dans la boîte**.

1. parement intérieur avec frein ou pare vapeur.
2. complexe d'ossature bois + isolant rapporté
3. isolant pare-pluie côté extérieur
4. troncs de la fuste non modifiés

Cas particuliers



***Isolation intérieure, plancher isolé sur cave** - source Guide patrimoine ville de Grenoble*

Plancher isolé sur cave, cas d'une isolation intérieure, (*cf. illustration ci-contre*)

Balcons traversants en maçonnerie

Le pont thermique lié à la dalle peut être traité par :

- création d'une serre
- faces enveloppées et capuchonnées. Ces traitements ont un impact visuel (épaississement de la dalle), ils peuvent convenir à des bâtiments dont la valeur architecturale est a priori à revaloriser.
- Il est aussi possible de scier pour insérer des rupteurs de ponts thermiques, et conserver ponctuellement les attaches. Il faut faire attention à ce que la structure porteuse ne soit pas fragilisée par cette action.

Absence d'apport solaire hivernal

Dans ce cas, il convient de compenser ce défaut d'apport gratuit en choisissant une performance supérieure des éléments de l'enveloppe, au niveau de l'isolation, de l'étanchéité à l'air, ou des systèmes de ventilation et de production de chaleur.

ETANCHEITE A L'AIR

Elle permet d'éviter les fuites d'air, et par conséquent les déperditions de calories et les risques de migration de la vapeur d'eau.

Son importance est mesurée avec un test d'infiltrométrie. Grâce à différents outils (fumigènes, caméra thermique…), il est possible de localiser les fuites d'air afin de trouver des solutions pour y remédier.

L'étanchéité à l'air est généralement traitée soit au niveau de l'enduit, soit au niveau du frein-vapeur ou pare-vapeur. Comme pour l'isolation, une continuité de l'étanchéité à l'air est nécessaire tout autour de l'enveloppe de la partie chauffée.

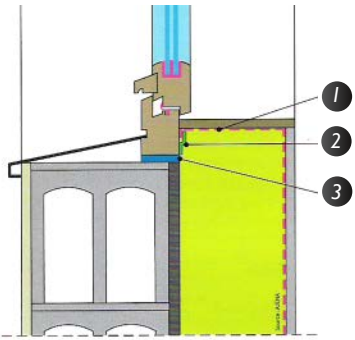
Pour cela il est conseillé d'utiliser des matériaux (scotchs, joints compribandes) spécifiques, résistants et à longue durée de vie, et de faire largement déborder les films afin de permettre le recouvrement.

Les fuites d'air sont localisées principalement aux mêmes endroits que les ponts thermiques (jonctions entre les différentes parois, avec les murs de refends ou les planchers intermédiaires, menuiseries dormants et ouvrants), mais aussi au niveau des prises électriques et des pénétrations des gaines techniques dans l'enveloppe isolée.

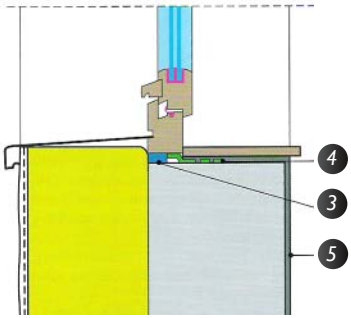
Pour rappel, étanchéité à l'air et perspirance des parois sont compatibles.

Des **formations** sont proposées aux professionnels afin d'acquérir les savoir-faire et les bonnes pratiques pour la réalisation de bâtiments à haute performance énergétique, par exemple concernant l'étanchéité à l'air (CAPEB 05).

***A gauche**, traitement d'une tête de poutre ;*
***A droite**, traitement d'un tube d'évacuation des fumées - source Effinergie*



***ITI menuiserie**, traitement de l'étanchéité à l'air - source Effinergie*



***ITE menuiserie**, traitement de l'étanchéité à l'air - source Effinergie*

1. pare vapeur
2. bande adhésive
3. joint compribande
4. bande adhésive munie d'une trame à enduire
5. enduit

RENOUVELLEMENT D'AIR

A retenir

Il est impératif que les filtres des ventilations contrôlées soient régulièrement entretenus (nettoyage ou remplacement suivant les cas). Lorsque l'étanchéité à l'air est réduite pour améliorer la performance énergétique, et même si l'air est généralement sec dans le Queyras, **il est indispensable de renouveler l'air intérieur**. Or la plupart des bâtiments existants sont dépourvus de système de ventilation contrôlé. Si elle existe, il convient de s'assurer de son bon fonctionnement en vérifiant les débits d'air et l'état des filtres.

VMC double flux répartie
- source Sotena Thermo Lüfter ®

VMC simple flux répartie
- source ALDES

Dans un bâtiment à haute performance énergétique il est indispensable d'avoir une ventilation contrôlée, qu'elle soit naturelle ou mécanique, pour :

- évacuer la vapeur d'eau produite par l'activité humaine, en particulier lors de certains pics d'utilisation des pièces d'eau, qui risquerait d'engendrer des pathologies du bâti
- évacuer l'air vicié : rejets respiratoires, COV (composés organiques volatils)
- limiter les déperditions d'énergie en remplaçant uniquement les quantités d'air nécessaires

Les systèmes de renouvellement d'air les plus utilisés en France sont les VMC (ventilations mécaniques contrôlées). Celles compatibles avec un haut niveau de performance énergétique sont à double flux avec récupération de chaleur, ou à défaut avec simple flux hygro-B.

La VMC double flux avec récupération de chaleur

Plus onéreux, il est le système le plus performant. L'air neuf entrant est réchauffé à travers un échangeur de chaleur par l'air vicié sortant. En plus d'une diminution des besoins d'énergie, le confort est augmenté puisque la température de l'air neuf insufflé est plus proche de celle de la pièce. Il faut faire attention au positionnement du bloc moteur et à la pose du réseau afin d'éviter les nuisances sonores. À condition que les filtres soient bien entretenus, ce système permet d'avoir une excellente qualité de l'air intérieur. Il est pertinent dans les cas d'allergie aux pollens.

Dans les cas courants l'installation comporte un double réseau de gaines. Il existe aussi des systèmes répartis posés en façade dans plusieurs pièces.

Pour améliorer encore la performance énergétique, un puits canadien peut être envisagé ; sa pertinence est à étudier au cas par cas.

La VMC simple flux hygro-B

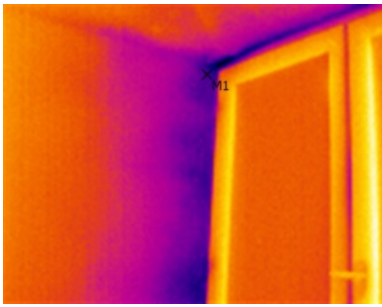
L'ampleur du débit des bouches d'entrée d'air placées dans les pièces de vie (salon, chambres) ainsi que celles d'extraction placées dans les pièces humides est corrélée au taux d'humidité de la pièce, proportionnel à l'occupation. Un réseau de gaines relie les extractions au bloc moteur. En alternative, des systèmes répartis peuvent être posés dans les pièces humides, avec une sortie en façade ou via un conduit.

GESTION DE L'HYGROSCOPIE

Les origines de l'humidité peuvent être multiples dans le bâtiment :

- **Extérieures au bâtiment** : pluie, remontées capillaires
  Dans les bâtiments ruraux traditionnels, cette humidité est évacuée par des matériaux perméables et capillaires, et par un fort renouvellement de l'air dû à l'absence d'étanchéité à l'air. Dans le cadre d'une rénovation les revêtements doivent être choisis pour ne pas bloquer ces échanges.
- **Liées au bâtiment** : fuites dans les réseaux, séchage des matériaux lors du chantier (béton, enduit), liées aux usagers (vapeur d'eau dégagée par les habitants (respiration et sudation) et par leurs activités (toilette, cuisson, lavage)).
  Dans des bâtiments peu étanches à l'air, cette humidité en excès est évacuée par les fuites d'air. Ces dégagements n'existaient pas dans les parties grange des bâtiments ruraux traditionnels.

***Saint-Véran**, moisissures liées à la condensation - source Parc naturel régional du Queyras*



***Saint-Véran**, thermographie infra-rouge montrant le pont thermique à l'origine de la condensation - source Parc naturel régional du Queyras*

Les stratégies pour protéger le bâtiment

Pour éviter les infiltrations dues à la pluie : une réfection des enduits extérieurs ou la pose d'un pare pluie sont recommandées. Ces protections à la pluie seront choisies perméables à la vapeur d'eau, de façon à permettre son évacuation du mur, et à éviter un décollement du parement.

Pour limiter les remontées capillaires et leurs effets dans les murs en pierre :

- Pour les parties de mur en contact avec l'air, le choix de revêtements perméables et capillaires permettra l'évacuation de l'humidité en excès (enduit chaux ou béton de chanvre par exemple).
- Une attention toute particulière doit être apportée aux parties semi enterrées des bâtiments construits dans la pente. La pose d'un drain couplé à une étanchéité extérieure est recommandée dans les cas où l'eau de pluie s'écoule vers le bâtiment. Il faut faire attention à ne pas déchausser le bâtiment.
- Certains systèmes non destructifs neutralisent la migration d'eau en utilisant les charges électromagnétiques.

Pour éviter l'impact de la vapeur d'eau :

Dans un bâtiment performant, donc étanche à l'air, **une majeure partie de la vapeur d'eau en excès sera évacuée par la ventilation**, d'où la nécessité de son bon fonctionnement. Une autre partie de la vapeur d'eau en excès migrera inévitablement à travers la paroi.

Les pathologies liées à la vapeur d'eau ont tendance à se concentrer au niveau des ponts thermiques et des défauts d'étanchéité à l'air. L'isolation par l'intérieur présente des risques plus importants de problèmes liés à la migration de vapeur que les systèmes d'isolation thermique extérieure, d'isolation répartie, ou à ossature. Le choix de matériaux capillaires facilite l'évacuation de l'éventuelle condensation.

Dans le cas où l'isolation se trouve du côté intérieur, une membrane freine-vapeur ou pare-vapeur placée du côté de l'habitat évite que de la vapeur d'eau migre à travers l'isolant, puis se trouve piégée au niveau de la maçonnerie, dont la résistance à la diffusion de vapeur (exprimé en général par le facteur Sd) est supérieure, entraînant des pathologies liées à l'apparition d'un point de rosée. Deux stratégies existent :

- **pare-vapeur** : facteur Sd très élevé, la vapeur ne peut quasiment pas le traverser. Il faut faire attention aux défauts de pose (raccords entre lés) ; ce système ne permet pas de séchage des matériaux du mur vers l'intérieur des locaux. Il est utilisé avec des isolants ou des complexes de parois qui ne permettent pas les échanges hygroscopiques.
- **paroi perspirante** : la règle du 5 pour 1 peut être appliquée. Utilisée en Angleterre, elle recommande de choisir un parement extérieur avec un facteur Sd cinq fois inférieur à celui du parement intérieur. C'est le cas du freine-vapeur, qui permet un échange hygroscopique dans les deux sens. Le processus est renforcé s'il est hygrovariable.
  Ce principe sera préféré dans les cas où la partie extérieure de la paroi permet les échanges hygroscopiques (cas des murs en pierre, des isolants d'origine végétale ou animale), et dans les cas où la charge en humidité est normale.

Pathologies liées à l'apparition d'un point de rosée

Des pathologies risquent de se développer si la vapeur d'eau n'est pas évacuée :

- dégradation de la conductivité thermique de certains isolants
- tassement (isolants en vrac ou fibreux en plaques) voire désagrégation (gel d'un isolant à fibres minérales)
- fragilisation des structures (pourriture du bois, éclatement du béton, rouille des aciers, gel)
- moisissures
- dégradation des revêtements (écaillage des peintures) avec risque d'intoxication

INERTIE ET CONFORT D'ETE

L'hiver, l'inertie permet de lisser les températures entre les apports solaires diurnes et les baisses de températures nocturnes, engendrant ainsi un meilleur confort et une baisse des consommations de chauffage. Cependant, elle n'est pas conseillée dans le cas d'une occupation intermittente, car elle augmente la puissance d'appel de chauffage lors de la montée en température des locaux, et par conséquent les consommations de chauffage.

L'inertie joue un rôle thermique l'été, si elle est associée à une surventilation nocturne. Cependant, des surchauffes ne devraient pas apparaître dans un bâtiment du Queyras rénové suivant les règles bioclimatiques (toiture isolée, ouvertures correctement dimensionnées suivant les orientations et pourvues de protections solaires), et où les apports internes sont maîtrisés.

Comment apporter de l'inertie au bâti ?

L'inertie est assurée par les **matériaux dits « lourds »**.

L'inertie est importante dans les parties maçonnées des bâtiments ruraux anciens du Queyras, d'autant plus dans les **parties semi enterrées**.

L'isolation par l'extérieur permet de maintenir l'inertie contenue dans les murs maçonnés, contrairement à l'isolation par l'intérieur. Cependant, une isolation par l'intérieur peut convenir dans le cas d'une forte épaisseur de maçonnerie (par exemple des **murs en pierre**) : suivant la température souhaitée, l'importance de l'inertie peut entraîner une augmentation des besoins de chauffage.

En rénovation, il est possible d'augmenter l'inertie d'un bâtiment en utilisant des cloisons intérieures massives (briques, terre crue …), des chapes, ou de l'inertie répartie (par exemple à travers des enduits en terre). Le choix dépend des capacités de la structure porteuse.

Confort d'été : autres points

L'ensemble des consommations liées aux activités des habitants (eau chaude sanitaire, électricité spécifique, éclairage, cuisson...) engendrent des **apports internes** qui risquent de provoquer une surchauffe l'été ou pendant les périodes chaudes dans un bâtiment à haute performance énergétique.

En diminuant la réflexion des rayons solaires à proximité des façades, **la végétation extérieure et les revêtements rugueux** impactent favorablement le confort estival. De plus la végétation rafraîchit l'air ambiant grâce au mécanisme d'évapotranspiration.

La circulation de l'air s'établit du chaud vers le froid, et du bas vers le haut. Il est intéressant de jouer avec cette tendance pour évacuer la chaleur des espaces l'été, ou diffuser la chaleur entre les différents espaces à chauffer l'hiver, par exemple en ouvrant ou fermant les portes des pièces et certaines fenêtres, via une cage d'escalier, ou encore avec une serre solaire sur deux niveaux.

CHOIX DU TYPE DE CHAUFFAGE

Rendement des chaudières

Il est important de choisir un système de production de chaleur à haut rendement.

On visera un rendement PCI (Pouvoir calorifique inférieur) supérieur à 85% pour les chaudières bois bûche, à 95% pour les chaudières à granulés, à 100% pour les chaudières à condensation.

Les rendements des chaudières performantes actuelles sont jusqu'à 30% meilleurs que ceux des années 1980.

Pour suivre l'évolution technologique, la chaudière devrait être remplacée tous les 10 à 15 ans.

Changer la production de chaleur

Il est conseillé de réaliser les travaux d'amélioration énergétique de l'enveloppe avant de changer les appareils de production de chaleur. En effet, ils pourront être choisis avec une moindre puissance et par conséquent un moindre coût et un moindre risque de surchauffe. Ainsi, dans le cas de logements très performants énergétiquement, un poêle à bois pourra suffire pendant une longue période de l'année. Dans le cas du niveau passif, il est même considéré que l'on peut se passer de moyen de chauffage.

Le choix de l'énergie a aussi un fort impact : **dans le Queyras il est possible d'utiliser les énergies renouvelables (solaire, bois**). Les systèmes de chauffage à base d'électricité risquent d'entraîner une précarisation des habitants, en raison du coût élevé de cette énergie et de son augmentation attendue. Les pompes à chaleur (PAC) sur air ne sont pas adaptées à la rigueur climatique du Queyras car leur rendement chute avec les températures de l'air. Des PAC avec échange sur sol et distribution hydraulique pourront être envisagées si toutes les conditions favorables sont réunies : nature et planéité du terrain, intérêt économique, notamment en lien avec les besoins de chauffage. Il faut s'assurer que ces PAC ne nécessitent pas un renforcement du réseau électrique.

La position de la chaudière est aussi à étudier. L'idéal est de la situer à l'intérieur de l'enveloppe chauffée. À défaut, il sera nécessaire de calorifuger les réseaux de distribution qui circulent dans les espaces non chauffés.

Changer les diffuseurs de chaleur

Les **diffuseurs de chaleur radiants** (radiateurs radiants, à basse température, planchers et murs chauffants particulièrement adaptés à la rénovation) sont préférables aux diffuseurs par air car ils apportent un confort thermique supérieur (rayonnement, effet de paroi chaude) et limitent les effets de courant d'air engendrés par la convection. D'une manière générale les **émetteurs à forte inertie** sont judicieux (radiateurs en fonte, à accumulation, poêles …) : ils permettent de diminuer les plages de chauffe, et dans le cas du bois un meilleur rendement. La faisabilité technique est à étudier au cas par cas et suivant l'importance des travaux.

ENERGIE SOLAIRE

L'implantation des panneaux solaires dans le bâtiment se fera en harmonie avec la composition des façades, conformément aux indications de la fiche 7 du *Guide solaire et habitat, l'intégration des équipements dans les Hautes-Alpes* (cf. bibliographie). Les systèmes et le diagramme de production solaire en fonction de l'orientation et de l'inclinaison sont également présentés dans les fiches 5 et 6.

Le potentiel du site et l'albédo

La production d'énergie solaire varie en fonction de l'orientation du capteur, de l'inclinaison du support, des masques solaires, mais aussi de la réflexion de l'environnement (albédo).

La part des consommations couverte est variable. Elle dépend avant tout des capacités d'investissement, et du choix de rentabilité de l'installation. Cette part couverte est à relativiser selon les consommations d'énergie dans la construction, et le coût des énergies qui sont substituées par l'énergie solaire.

La neige et les surfaces lisses réverbèrent les rayons solaires hivernaux sur les façades voisines. Ce phénomène augmente la captation d'énergie solaire en hiver : dans le Queyras le solaire est par conséquent particulièrement intéressant.

Albédo, quesako ?

L'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire incidente. On utilise une échelle graduée de 0 à 1, avec 0 correspondant au noir, un corps sans réflexion et 1 correspondant à un miroir parfait.

Type de surface	*Lac*	*Forêt de conifères*	*Mer*	*Sol sombre*	*Cultures*	*Sable léger et sec*	*Glace*	*Neige tassée*	*Neige fraîche*
Albédo (0 à 1)	0,02 à 0,04	0,05 à 0,15	0,05 à 0,15	0,05 à 0,15	0,15 à 0,25	0,25 à 0,45	0,30 à 0,40	0,40 à 0,70	0,75 à 0,90

La production de chaleur

La production de chaleur par le solaire est en général couplée avec l'appoint d'une autre énergie (chaudière bois ou gaz voire fuel, électricité …) pour limiter les coûts de l'équipement et du stockage.

Les capteurs thermiques peuvent produire :

- **de l'eau chaude sanitaire** (ECS) (chauffe-eau solaire individuel CESI). Bien orientés, deux panneaux, soient 4 à 5 m² de capteurs, peuvent suffire pour couvrir 50 à 70% des besoins d'un foyer de 4 personnes, pour un ballon de stockage de 300 litres.

***Brunissard**, capteurs plans pour ECS - source AERE*

***Brunissard**, capteurs solaires pour du chauffage - source AERE*

- **du chauffage** (système solaire combiné avec de l'ECS (SSC) ou plancher solaire direct (PSD)). La surface de panneaux est plus importante, elle varie suivant les besoins de chauffage de la construction. En SSC jusqu'à 45% des besoins de chauffage et 50% des besoins d'ECS peuvent être couverts avec environ 1 m^2 de capteur pour 7 à 10 m^2 de plancher chauffant pour une maison RT 2000 (source ASDER), soient 15 m^2 de capteurs pour 100 à 120 m^2 de surface chauffée. Attention cependant à ne pas surdimensionner l'installation, ce qui risque de diminuer sa rentabilité et d'engendrer des surchauffes estivales avec pour conséquence une dégradation du matériel.

Il faut définir précisément quels sont les besoins que l'on veut couvrir (chauffage, eau chaude sanitaire), la période de l'année où est utilisée cette production, en tenant compte de l'albédo, pour choisir l'inclinaison la plus judicieuse :

- Pour une production à l'année, l'inclinaison optimale des panneaux thermiques sud est entre 35 et 40°. La pente de la plupart des toitures rurales du Queyras convient, de même que la partie verticale des combles à la Mansart.
- Inclinés de plus de 45°, voire à la verticale, ils seront plus performants pendant la période hivernale et limiteront la surchauffe estivale.
- Avec une inclinaison qui se rapproche de l'horizontale, ils permettront une production maximale l'été.

En l'absence de masque solaire, l'orientation optimale des panneaux se situe entre le sud-ouest et le sud-est.

Une des conditions de la durabilité et du bon fonctionnement de l'installation est la **visite annuelle du professionnel**, qui vérifie la qualité du fluide caloporteur, le réglage des circulateurs, l'état de l'installation.

*Vitrage de gauche équipé d'un **mur capteur** ; la différence avec le vitrage de droite est presque imperceptible - source SARL Romuald MARLIN Architecture*

Zoom : mur trombe et mur capteur

Ces procédés de production de chaleur solaire peuvent augmenter la captation de chaleur à partir du soleil, par exemple dans des cas où l'orientation de la toiture est défavorable à la pose de panneaux solaires thermiques (certains toits de la typologie Saint-Véran), ou dans des cas où, sans porter d'ombre, des vis-à-vis visuels ne permettraient pas la pose de vitrage classique (contexte urbain des maisons de bourg, chalets diffus).

La part importante de vitrage impacte l'aspect du bâtiment : son intégration esthétique sera soigneusement conçue avec l'ensemble du bâtiment existant, éventuellement avec un langage architectural contemporain.

Ces équipements doivent être conçus de façon à éviter les surchauffes estivales.

Le mur trombe est un système de production de chaleur par chauffage de l'air. En façade, un simple vitrage est placé devant un mur maçonné isolé. L'espace d'air se réchauffe par effet de serre sous l'action des rayons du soleil. L'air chaud est distribué à travers la pièce mitoyenne par convection via des clapets placés en haut du mur, puis l'air froid est repris par des trappes placées en bas du mur. Pour éviter les inversions nocturnes, les trappes sont équipées de clapets anti-retour. Il y a un apport direct de calories solaires, en parallèle à la captation des fenêtres.

Le mur capteur est un système de production de chaleur par captation des calories solaires. En façade, un double vitrage (valant isolation, en verre trempé pour résister aux écarts de température) est placé devant un mur à forte inertie. L'espace d'air se réchauffe par effet de serre sous l'action des rayons du soleil, et réchauffe ainsi le mur. Par le biais de l'inertie il y a un déphasage dans le temps, et un amortissement des pics de température. Cet apport de calories solaires vient en relais des fenêtres, pendant la soirée.

La production d'électricité

Elle se fait avec des panneaux solaires photovoltaïques (PV). Leur teinte varie de bleuté à brun (membrane souple). Ils se présentent sous forme de panneaux, les plus courants, mais aussi de tuiles, vitres ou de membranes souples.

La surface couverte est variable (suivant la technologie, le rendement varie de 7 à 22 m^2/kW). Pour produire 4000 kWh par an, soit l'équivalent de la consommation électrique annuelle moyenne d'une famille de 4 personnes, il faut une installation d'environ 4 kWc ou 40 m^2.

Pour bénéficier du tarif d'achat le plus favorable, l'implantation des panneaux doit être intégrée en toiture (se référer aux critères en vigueur), et actuellement être inférieure au seuil de 9 kWc (soient environ 90 m^2 suivant la productivité des systèmes).

Dans le cas d'un raccordement au réseau, leur inclinaison optimale est plus faible que pour les panneaux thermiques, afin d'être le plus près possible de la perpendiculaire des rayons solaires estivaux à midi et de produire au maximum, soit environ à 30°. Par exemple, cela correspond à l'inclinaison de la partie la plus proche de l'horizontale des combles à la Mansart, ou à la pente des toitures couvertes de lauzes. Cependant la neige, avec sa présence et son albédo, peut rendre intéressante dans certains cas la pose en vertical.

Il faut faire attention aux masques (ex. : cheminée) car la moindre ombre portée peut faire chuter la production de toute l'installation. De même, vérifier la compatibilité des avis techniques (ATEC) avec l'altitude du lieu d'installation.

***Guillestre**, toiture couverte de panneaux photovoltaïques. Le calepinage des panneaux couvre la toiture de haut en bas - source Parc naturel régional du Queyras*

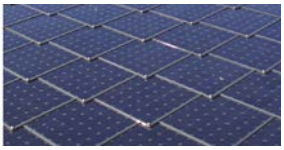
L'intégration esthétique des panneaux

L'intégration suivra les recommandations de la fiche 7 des préconisations du guide *Guide solaire et habitat, l'intégration des équipements dans les Hautes-Alpes* (cf. bibliographie).

Intégration par rapport à la toiture

La couverture d'un pan complet de la toiture, de haut en bas, ou bien sous forme de bandeau, sera préférée à une disposition où le groupe de panneaux est encadré par des bandes d'éléments de couverture.
Il est possible d'inclure les fenêtres de toiture dans la trame des panneaux solaires.
L'intégration des panneaux passe aussi par la continuité avec la surface de la toiture, par les couleurs respectives des panneaux et des couvertures de toiture, ainsi que la forme et la dimension des éléments.
Les toitures de bardeaux de mélèzes, les lauzes et les bacs aciers ont une teinte grise, proche de celle des panneaux solaires couramment utilisés. Les supports auront de préférence la même teinte que les matériaux de la couverture et des panneaux.
Une bonne intégration des panneaux dans les toitures en bardeaux de mélèze passe par la capacité technique à se fondre dans le plan de la toiture. De préférence, les pureaux des bardeaux (partie visible du bardeau) correspondront à la longueur des panneaux.
Des panneaux photovoltaïques et thermiques ont spécialement été créés pour les couvertures en ardoises, comme celles de certaines toitures à la Mansart.

***École à Saint Chaffrey**, la disposition en toiture est composée avec celle des ouvertures en façade - source AERE*



***Panneaux photovoltaïques reprenant la forme des lauzes** - source Sunstyle*

***Panneaux solaires pour couverture en ardoises** - sources Eternit et ThermoSlate*

Pour les bâtiments ruraux, **une valeur paysagère** ajoutée est souhaitée en parallèle à la pose de panneaux photovoltaïques. Par exemple, la tôle sera remplacée à cette occasion par des bardeaux de mélèze pour les parties non recouvertes par les panneaux solaires.

En toiture, l'emplacement des panneaux doit également tenir compte des **contraintes liées à la neige**, afin qu'elle s'évacue rapidement et force peu sur les accroches. Ainsi ils seront placés en bas de la toiture en présence d'arrêts de neige, dont l'obligation réglementaire est gérée par arrêté municipal, ou en haut de la toiture dans le cas contraire. Il faut aussi faire attention à contrecarrer un éventuel déséquilibre dans la répartition du poids de la neige.

Intégration par rapport à la façade

Les panneaux seront implantés en rythme avec les ouvertures, ou bien par pan entier de paroi. Du fait de leur visibilité, leur intégration sera à composer au cas par cas pour les édifices ruraux traditionnels (par exemple en allège d'une coursive vitrée).

La captation d'énergie solaire sera augmentée par l'albédo de la neige (*voir paragraphe : le potentiel du site et l'albédo*).
En façade, les panneaux peuvent avoir un double usage :
- casquette solaire au sud,
- allège ou imposte d'ouvertures,
- garde corps de balcon.

***Panneaux solaires posés en casquette** - sources Schüco© et Waechter©*

***A gauche**, panneau photovoltaïque translucide posé en façade, Maison des énergies - source ASDER©*
***A droite,** panneaux thermiques dans le plan des fenêtres - source RobinSun©*

Au sol

Du point de vue esthétique, la pose des panneaux sera préférée en intégration au bâti plutôt qu'au sol.

Étant donné l'implantation récurrente des bâtiments ruraux du Queyras au sein d'un village, la possibilité sera à étudier au cas par cas suivant les limites parcellaires et les masques portés par les constructions proches.

Il est nécessaire de veiller à :
- éviter les masques,
- protéger les capteurs contre les chocs, vols et autres dégradations,
- étant donné la présence de la neige, ce choix implique pour le Queyras la nécessité d'un déneigement régulier. La production sera alors augmentée grâce à l'albédo.

L'implantation des capteurs pourra utiliser une rupture de pente, un mur qui servira d'appui, une annexe bâtie.

***Prat-Haut**, panneau thermique au sol dans une rupture de pente - source AERE*

ENERGIE BOIS

Précaution

Un entretien annuel de l'évacuation des fumées est obligatoire pour tous les appareils de combustion afin d'éviter les risques d'incendie. Un entretien plus fréquent est conseillé pour les combustibles résineux.

Appareils de chauffage central

Une chaudière à bois peut **remplacer une chaudière** alimentée avec un autre combustible.

Les chaudières bois nécessitent la mise à disposition d'un **espace pour stocker** les éléments, en particulier pour optimiser le nombre de livraisons. Pour les combustibles granulés et plaquettes, il faut s'assurer que le camion de livraison peut accéder à proximité de cet espace. Il est donc nécessaire de se renseigner auprès du futur livreur.

Il est aussi possible de se raccorder à un **réseau de chaleur** s'il en existe à proximité du bâtiment : en 2012 les réseaux de Ristolas et Molines existent, et deux projets sont en cours à Abriès et à Aiguilles, gérés par la Communauté de Communes du Queyras.

Dans le cas d'un bâtiment dépourvu de réseau hydraulique, l'installation d'un chauffage central et de son réseau de distribution pourra être menée en parallèle avec d'autres travaux comme la réfection des sols, ou des modifications des parois.

Le rendement de combustion dépend de l'arrivée d'air extérieur et de la qualité du combustible (séchage).

- **Combustible bûche**
  Il nécessite une manutention relativement importante. Le bois doit être bien sec : taux d'humidité inférieur à 25% (stockage un an ou si possible marque France Bois Bûche). Un approvisionnement local est possible.

- **Combustible granulés**
  Plus transformés, leur combustion permet une plus grande souplesse, dont les propriétés se rapprochent des combustibles fossiles. La combustion est meilleure, générant un meilleur rendement, moins de cendres et d'émission de polluants dans l'atmosphère. Comme pour les énergies non renouvelables, il n'y a actuellement pas de production locale.

- **Combustible plaquette ou bois déchiqueté**
  Ce combustible est adapté en général aux grosses installations, aux réseaux de chaleur. Un approvisionnement local est possible.

***A gauche**, granulés de bois*
***A droite**, plaquette ou bois déchiqueté*
- source AERE

Appareils de chauffage indépendants

Ces appareils peuvent suffire à chauffer des logements à basse consommation d'énergie. Ceux ayant un rendement le plus élevé sont à privilégier. Moins onéreux qu'une chaudière, ils ne nécessitent pas de réseau de distribution hydraulique donc sont plus facilement installés. Il faudra néanmoins trouver un moyen de passer le tuyau d'évacuation des fumées, par exemple en profitant d'un ancien conduit dont le tubage sera parfois à reprendre. Certains appareils sont compatibles avec une distribution d'air dans les pièces éloignées.

Ils demandent des manœuvres plus ou moins quotidiennes pour l'alimentation en combustible et l'évacuation des cendres. La plupart des poêles à granulés, pour lesquels il existe des modèles silencieux, peuvent être allumés automatiquement. Dans le cas d'une surface très chaude, il faudra veiller à protéger les enfants des risques de brûlure.

- **Insert ou foyer fermé**
  Leur rendement, donc leur combustion et leur efficacité, est moindre que celui des poêles, mais meilleur que celui des cheminées à foyers ouverts. Bien que répandus dans l'existant, ces derniers sont déconseillés, et ne constituent pas un mode de chauffage. Certains systèmes permettent de distribuer de l'air chaud dans d'autres pièces.

- **Poêle**
  Ils seront choisis avec un haut rendement et si possible avec une filtration des fumées.
  Dans un bâtiment économe en énergie, bien positionnés par rapport aux espaces, ils peuvent suffire pour chauffer une maison. Attention à leur puissance : ils peuvent présenter un risque de surchauffe.
  L'amenée d'air ainsi que le conduit d'extraction des fumées doivent être étanches à l'air pour ne pas perturber le fonctionnement des ventilations à double-flux.

***Poêle à bûches** - source Supra*

- **Poêle de masse**
  Ils sont caractérisés par une combustion rapide, la chaleur étant stockée dans la masse, puis distribuée progressivement grâce à la forte inertie.
  Il faut faire attention au poids, qui nécessite une structure adaptée.
  Ils sont peu réactifs à l'allumage.

- **Fourneau bouilleur ou poêle hydraulique**
  Il sert à la cuisson, peut alimenter un système de distribution hydraulique, et la production d'eau chaude sanitaire.
  Dans le cas d'un bâtiment à basse consommation d'énergie, il faut faire attention à ce que sa puissance ne génère pas de surchauffe, car il est placé dans l'espace de vie.

PETITES INTERVENTIONS

Réglages et entretien : chauffage et ventilation

La révision régulière par des professionnels des appareils de ventilation et de production de chaleur permet leur bon fonctionnement, par exemple une moindre consommation des circulateurs.

En particulier, pour les ventilations mécaniques contrôlées, régulièrement, les débits d'airs sont à vérifier et les filtres à nettoyer ou à remplacer.

Robinet thermostatique
- source AERE

Auxiliaires de limitation des consommations

Ce sont les régulations programmables, les thermostats centralisés et les robinets thermostatiques des radiateurs pour la chaleur ; les mitigeurs thermostatiques et les réducteurs de débits d'eau pour l'eau chaude sanitaire ; les détecteurs et temporisateurs de lumière pour l'éclairage. Ces équipements peuvent être installés grâce à une intervention simple.

Ils permettent d'ajuster les utilisations d'énergie à l'usage réel. Par exemple les robinets thermostatiques permettent d'ajuster le déclenchement de chaleur en tenant compte des apports gratuits. Les équipements liés à la gestion de la lumière peuvent par exemple être adaptés pour les locations saisonnières, des éclairages extérieurs ou difficilement repérables (cave, grenier…).

Mousseur hydro-économe
- source Ecolocool

Équipements électriques performants

Ils permettent de réduire les consommations d'énergie, et les apports internes qui risquent d'engendrer des surchauffes dans le cas des bâtiments très isolés.

- **Éclairage**
  Les ampoules à basse-consommation d'énergie et les L.E.D. permettent d'avoir une consommation d'énergie moindre pour une qualité d'éclairage adaptée à l'usage. Les L.E.D. peuvent être utilisées pour des éclairages localisés.
- **Électroménager et communication**
  Le choix d'appareils électroménagers et de communication performants (classe A++, label Energy Star) est indispensable dans la maîtrise de l'énergie concernant un bâtiment à haute performance énergétique où les consommations d'énergie liées au chauffage sont très réduites.

Gestion des veilles, programmateurs, comportement des habitants

Le comportement des habitants peut faire varier de moitié en plus ou en moins les consommations d'énergie d'un bâtiment performant. Il passe par des gestes comme l'extinction des veilles, la mise en place des protections solaires amovibles, l'ouverture et la fermeture des fenêtres, rideaux et volets pleins, l'habillement, l'activité, l'alimentation. La domotique peut assister les usagers.

LE BOIS DANS LA RENOVATION

Même si les bâtiments sont construits en grande partie en maçonnerie, le bois peut être utilisé dans de nombreuses parties des constructions, dont la liste est présentée dans ce chapitre.

En particulier, les forêts du Queyras comportent un important gisement de mélèze. Cette essence présente la particularité d'être durable sans traitement dans des conditions extérieures. Le mélèze est nerveux, donc nécessite de bonnes fixations. Il peut se retrouver dans les platelages, les bardages, les menuiseries extérieures s'il est contre collé, en structure (source *Guide Régional des Matériaux Éco-Performants*). En vieillissant naturellement, ce bois prend des teintes variables suivant son orientation : grisé au nord, plus rouge au sud.

Les différentes manières d'intégrer le bois

- **En toiture**
  - couverture : bardeaux
  - sous-face
  - charpente
- **Apparent en façade**
  - dans le cas d'une isolation par l'extérieur avec parement de bardage bois, par exemple pour les bâtiments construits dans la deuxième moitié du XXème siècle.
  - bardage en remplacement de parties bois existantes
  - dans les fustes
  - les menuiseries : fenêtres, fixes et porte-fenêtres, volets (dans les bâtiments traditionnels, ce sont des panneaux amovibles posés manuellement entre la fenêtre et la grille), portes d'entrée (toutes les portes, inclues les portes cochères, sont réalisées en bois dans les bâtiments ruraux).
  - ossature des serres solaires
  - balcons et garde corps
- **En isolation, structure et en intérieur**
  - isolant fibre de bois (produit transformé, il est fabriqué dans des usines, dont aucune ne se situe actuellement à proximité du parc)
  - ossature bois
  - ossature des doublages
  - ossature des cloisons
  - revêtement de sol (plancher), de murs et plafonds (lambris)
  - décoration intérieure, portes, mobilier, peuvent se décliner dans les styles contemporains comme traditionnels.

***Arvieux**, parement bois - source AERE*

GLOSSAIRE

Auxiliaires : Equipements liés aux systèmes techniques ; exemple : pompe de circulation pour les systèmes solaires

Cep : Consommation d'énergie primaire. Unité kWhep/m^2 de SHON par an. Elle est surtout utilisée dans la réglementation thermique des bâtiments neufs.

Diffusivité : symbole a - unité m^2/s (mètre carré par seconde) - calcul : $a = \lambda/(\rho x Cp)$
Vitesse à laquelle la chaleur se propage par conduction. Si elle est faible, le front de chaleur mettra du temps pour traverser le matériau. Cette vitesse de transit détermine le temps que le front de chaleur met pour passer d'une face à l'autre du matériau : c'est le déphasage thermique.

COV : Composés Organiques Volatils, ils sont issus des revêtements intérieurs ou du mobilier.

DJU18 : Degré jour unifié. Valeur représentative de l'écart entre la température moyenne d'une journée et une température intérieure pré-établie (en général 18°C). La somme des DJU18 quotidiens pendant la période de chauffe sert à évaluer les besoins de chauffage.

Effusivité : symbole E - unité $Wh^{0,5}/m^2K$ - calcul : $E = (\lambda x \rho x Cp)^{1/2}$
Vitesse à laquelle la température de superficie d'un matériau varie : les revêtements de surfaces jouent un rôle. Elle indique aussi la capacité du matériau à restituer ou absorber la chaleur. Si elle est élevée, le matériau absorbe beaucoup d'énergie sans se réchauffer notablement, il met du temps pour se réchauffer (ex : faïence, matériau dit « froid »).

Électricité spécifique : Usage de l'électricité qui ne peut être remplacé par une autre source d'énergie. Sont concernés : éclairage, climatisation, appareils électroménagers, matériel informatique… Vocabulaire lié : produits blancs (électroménager cuisson - froid - lavage), produits bruns (télévision), produits gris (bureautique)

Énergie : unités Wh (watt-heure : 1 Wh = 3600 J), J (Joule), cal (calorie : 1 cal = 4,18 J = énergie pour chauffer 1 g d'eau de 1 K)
Énergie = puissance x temps : par exemple, 1 ampoule de 50 Watts allumée pendant 1 heure consomme 50 watt-heures, ou 0,05 kWh : 1 x 50 W x 1 h = 50 Wh
Les kWh sont utilisés pour évaluer l'énergie en thermique du bâtiment. Pour les comparer, les consommations d'énergie annuelles sont relativisées par une surface, donc exprimées en kWh/m^2 par an. En France la surface de référence en rénovation est la SHON.

Énergie primaire : unité kWhep. Dans la réglementation thermique française la consommation est exprimée en énergie primaire. L'énergie disponible dans la nature correspond à la somme entre la consommation finale et la consommation nécessaire à la production d'énergie (stockage et pertes de distribution inclues). En France, la réglementation thermique considère les équivalences suivantes : 1 kWh électrique = 2.58 kWhep, pour les autres énergies : 1 kWh final = 1 kWhep

GES : Gaz à Effet de Serre. Ensemble des gaz qui retiennent le rayonnement infra-rouge émis par les surfaces, ce qui contribue à réchauffer la planète.

Puissance : unité W (watt : 1 W = 1 J/s)

Température : unité °C degré celsius (défini par rapport à la fusion de la glace et de l'ébullition de l'eau à une pression de un atmosphère), ou K degré Kelvin (T(°C)=T(K) - 273,15). Pour une différence de température, 1°C vaut 1 K.

Solaire

CESI : Chauffe Eau Solaire Individuel

ECS : Eau Chaude Sanitaire

PSD : Plancher Solaire Direct

SSC : Système Solaire Combiné. Il comporte la production d'eau chaude sanitaire et de chauffage.

Niveaux de performance énergétique

DPE : Diagnostic de Performance Énergétique. Il est obligatoire pour les logements destinés à la vente ou à la location.

BBC : Bâtiment Basse Consommation. En France une rénovation peut obtenir le label BBC-effinergie® rénovation (voir www.effinergie.org/ ; soit pour les logements du Queyras une consommation annuelle inférieure à 112 kWhep/m^2 pour les postes chauffage + ECS + ventilation et auxiliaires + éclairage). Le niveau BBC-Effinergie® neuf correspond à l'objectif national du Facteur 4 : Cep < 70 kWhep/m^2 par an dans le Queyras. Il est également possible d'obtenir un des labels Minergie (voir www.minergie.fr).

Bâtiment passif : ce concept correspond au niveau de performance énergétique du label Passivhaus® (voir www.lamaisonpassive.fr), soit des besoins annuels de chaleur inférieurs à 15 kWh/m^2 et d'énergie primaire totale (électroménager inclus) inférieur à 120 kWh/m^2. Ce seuil correspond à la limite à laquelle un bâtiment est pratiquement autonome pour ses besoins en chauffage : les apports internes et solaires permettent de se passer de chauffage, grâce à une enveloppe extérieure très travaillée (isolation, étanchéité à l'air) et à une ventilation optimisée.
À distinguer de … Solaire passif : cette expression désigne l'utilisation directe du rayonnement solaire dans le bâtiment sanf faire appel à un système technologique.

BEPOS : Bâtiment à Énergie POSitive. Le bâtiment produit plus d'énergie qu'il n'en consomme.

Isolation

λ - Conductivité thermique : unité W/(m.K) (watt par mètre kelvin)
C'est la propriété d'un corps à transmettre la chaleur. Permet de calculer R et U. Plus λ est petit, plus le matériau est isolant thermiquement.

R - Résistance thermique : unité m^2.K / W (mètre carré kelvin par watt) - calcul : R = e/λ (avec épaisseur « e » en mètres). Résistance d'un matériau ou d'une paroi aux flux thermiques. Elle dépend de l'épaisseur du matériau. Plus R est grand, plus le matériau est isolant.
Par exemple, un mur en pierre de 40 cm d'épaisseur a un lambda de 1,4 W/(m.K), donc une valeur R = 0,40 / 1,4 = 0,28 m2.K / W . Par comparaison 20 cm d'isolant en fibre avec un lambda de 0,04 W/(m.K) ont une valeur R = 0,20 / 0,04 = 5 m^2.K / W .

U - Coefficient de transmission thermique : unité W/(m^2.K) - calcul : U = 1/R = λ/e (épaisseur « e » en mètres) Mesure la tolérance d'un matériau ou d'une paroi au passage de la chaleur. Il dépend de l'épaisseur du matériau. Plus U est petit, plus l'élément est isolant. Il est utilisé pour calculer la performance des parois avec ouvertures ou des parois à ossature.

Uw : U des fenêtres (montants menuiseries + vitrages) ; Ug : U du vitrage seul

Pont thermique : symbole Ψ - unité W/(m.K). Correspond à une rupture dans la continuité de l'isolation. Coefficient de transmission linéique.

Inertie

Masse volumique sèche : symbole ρ (rau) - unité kg/m^3 (kilo par mètre cube). Elle définit le poids d'un matériau par rapport à son volume, permet de calculer l'inertie.

Densité d'un matériau : (sans unité) rapport entre la masse d'un corps solide ou liquide et la masse d'un même volume d'eau, permet de comparer deux corps.

Capacité thermique massique, ou chaleur massique ou spécifique : symbole Cp - unités J/kgK (joule par kilogramme kelvin) ou Wh/kgK

Capacité thermique volumique, ou capacité calorifique ou chaleur volumique : unités J/m^{3}K ou Wh/m^{3}K

Étanchéité à l'air

Perméabilité à l'air : symbole Q - unité : m^3/hm^2
Établit le débit des fuites dans un bâtiment, en volume par rapport à une surface donnée dans un temps donné. En France, la pression de référence est mesurée à 4 pascals (n4) ; en Allemagne à 50 pascals (n50). Le bâtiment sera mis en surpression (en cours de travaux) ou en dépression. Les résultats peuvent alors différer. En pratique, le test est accompagné d'une localisation visuelle des fuites pour permettre leur correction ultérieure.

Hygroscopie

Résistance à la diffusion de vapeur : unité µg/m^2.sP (microgramme par mètre carré par seconde Pascal). Capacité du matériau à laisser migrer la vapeur d'eau. Plus la valeur est élevée, moins le matériau laisse passer la vapeur d'eau. Le coefficient µ permet de déterminer la résistance d'air équivalente Sd. Elle dépend de l'épaisseur du matériau, à demander au fabricant.
Le freine-vapeur est une membrane ayant une résistance à la diffusion de vapeur d'eau en deçà de Sd=10 ; pour des valeurs supérieures on parle de pare-vapeur. Il existe des freines-vapeur hygrovariables, dont la résistance varie en fonction de l'humidité relative ambiante.

Capillarité : capacité du matériau à faire migrer l'eau.

Point de rosée : point où la vapeur d'eau se condense. Il pose problème s'il est localisé dans un isolant à fibres.

Paroi respirante ou perspirante : permet la migration de vapeur d'eau.

Attention, il faut bien distinguer :

- paroi respirante (permet le passage de la vapeur d'eau uniquement) et renouvellement d'air
- étanchéité à l'air (exprimée en volume par heure), résistance à la vapeur d'eau (Sd) et à la pluie (matériau étanche à l'eau liquide). Certains films ou matériaux assurent plusieurs de ces fonctions à la fois.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- *Amélioration thermique des Bâtiments Collectifs*, 2011, éditions Edipa
- *(le) Bâti ancien, le patrimoine et l'énergie*, cahier de recommandations 2010, Ville de Grenoble
- *(la) Conception bioclimatique*, Samuel Courgey – Jean-Pierre Oliva, 2010, Édition Terre Vivante
- *Construire en Queyras*, P. Moutard et A. Mascarelli, 1978, Direction départementale de l'Agriculture des Hautes-Alpes et Syndicat intercommunal à vocations multiples du Queyras
- *De l'habitation au musée : mobilier du Queyras*, coordination A. Barruol, M. Cordero, C. Grossan, 1989, chapitre rédigé par M.-P. Mallé, édition L'Arciere
- Diagramme solaire : mis à disposition par le bureau d'étude Enertech http://www.enertech.fr/rubrique-Calculer-50-54.html
- Diagramme solaire : Carnaval, logiciel développé par le bureau d'étude Incub http://www.incub.net/spip.php?article18
- Données INSEE : www.recensement.insee.fr
- *Guide de restauration des bâtiments d'estive dans les Hautes-Alpes*, O. Cadart et S. Giorgis, 2005, Service départemental de l'architecture et du patrimoine des Hautes-Alpes
- *Guide Régional des Matériaux Éco-Performants*, 2011, Chambre des Métiers et de l'Artisanat des Alpes Maritimes
- *Guide solaire et habitat, l'intégration des équipements dans les Hautes-Alpes*, A. Daburon, J.-C. Fluhr, A. Misse, B. Naudot, 2011, Parc national des Écrins, CG des Hautes-Alpes, PNR du Queyras, CAPEB
- *(l')Habitat du Nord des Hautes-Alpes*, M.-P. Mallé, 1999, L'Inventaire, Cahiers du Patrimoine
- *Manifeste négaWatt, réussir la transition énergétique*, association négaWatt, 2011, édition Actes Sud
- *Réussir un projet Bâtiment Basse Consommation en rénovation*, 2011, Effinergie
- *Traiter l'humidité*, Yves Baret, 2011, édition Eyrolles
- *Villages d'altitude*, séminaire « connaître le patrimoine - servir le développement » , textes rassemblés par J.-C. Duclos, décembre 1995, centre des Esquirousses Arvieux, édition TransFaire

Contact utiles

Calhaura PACT 05 - www.pact-05.org
Le Calhaura accompagne les particuliers pour obtenir des aides financières pour réaliser des travaux dans leur logement.
Tél : 04 92 51 53 34 - GAP

CAPEB des Hautes Alpes - capeb05.fr
Confédération des Artisans et Petites Entreprises du Bâtiment. La CAPEB organise des formations, diffuse un annuaire des professionnels du bâtiment et a mis en place un réseau d'artisans qualifiés : ECOBATI 05 www.pser05.fr
Tél : 04 92 51 13 36 - GAP

CAUE 05 - www.caue05.fr
Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement des Hautes-Alpes
Leurs achitectes apportent des conseils aux particuliers et aux collectivités.
Tél. : 04 92 43 60 31 - EMBRUN

EIE-CPIE - www.blog.eie05.org
L'Espace Information Energie apporte des conseils sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Il organise des visites et des conférences.
Tél : 04 92 51 13 36 - BRIANCON

Fédération Départementale des Entrepreneurs et Artisans du Bâtiment et des Travaux Publics des Hautes-Alpes
www.d05.ffbatiment.fr
La Fédération accompagne l'entreprise et son dirigeant, les écoute, les informe et les conseille.
Tél. : 04 92 51 63 04 - GAP

Ordre des Architectes - www.architectes.org
Le site propose des conseils et la liste de tous les architectes. MARSEILLE

STAP 05 - www.culture.gouv.fr/culture/
Service de l'Architecture et du Patrimoine des Hautes-Alpes - Le STAP 05 propose documentations et conseils aux porteurs de projets avec les spécificités du patrimoine protégé des Hautes-Alpes.
Tél : 04 92 53 15 30 - GAP

Le Parc naturel régional du Queyras remercie pour leurs contributions et relectures :

La CAPEB des Hautes-Alpes
Le CAUE des Hautes-Alpes
Le Conseil Général des Hautes-Alpes
Le CPIE de Haute-Durance
Le Parc National des Ecrins

Mai 2012 - Imprimé sur papier recyclé, par un imprimeur labellisé Imprim'vert®

Parc naturel régional du Queyras
Maison du Parc - La ville
05 530 ARVIEUX
Tel : 04 92 46 88 20

Avec le soutien financier de :